

**PROPUESTA PARA LA MEJORA DEL PROCESO DE APROVISIONAMIENTO DE
UNA EMPRESA DE OUTSOURCING EN REFRIGERACIÓN APLICANDO
HERRAMIENTAS DE SIMULACION**

DANIEL JOSUE CARVAJAL TINOCO

JULIO CESAR VALENCIA QUINTERO

UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

BARRANQUILLA

2018

**PROPUESTA PARA LA MEJORA DEL PROCESO DE APROVISIONAMIENTO DE
UNA EMPRESA DE OUTSOURCING EN REFRIGERACIÓN APLICANDO
HERRAMIENTAS DE SIMULACION**

Autores

DANIEL JOSUÉ CARVAJAL TINOCO

JULIO CÉSAR VALENCIA QUINTERO

Trabajo presentado para cumplir requisito al título

Ingeniero Industrial

Tutor: Msc. Julio Mojica Herazo

Co-Tutor: Msc. Rafael Rojas Millán

UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

BARRANQUILLA

2018

Nota de aceptación

Jurado

Jurado

Barranquilla, 03 de agosto de 2018

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Jah, porque sin su misericordia y ayuda no hubiese podido llegar a este punto de mi carrera, a mis padres Josué y Silvia, a mi hermana Daniela, por su apoyo incondicional. Para ellos va dedicado este trabajo.

DANIEL JOSUE CARVAJAL TINOCO

Agradecimientos

En primer lugar, le agradezco a Jah por haber sido mi guía y mi apoyo a lo largo de mi carrera, por brindarme sabiduría en los momentos en los que lo requerí.

Le doy gracias a mi familia por los valores que me han inculcado a lo largo de mi vida y sobre todo por ser mi principal motivación para haber llegado hasta aquí.

A mis Tutores, Ing. Julio Mojica e Ing. Rafael Rojas, por brindarme toda su experiencia y conocimiento para sacar adelante todo este proyecto.

Al Ing. Alexander Troncoso Palacio, por su ayuda y constante apoyo durante la realización de este documento y a lo largo de este proceso de aprendizaje.

A mis compañeros y profesores de la carrera, porque de todos tuve aprendizajes significativos en este proceso tanto a nivel académico como interpersonal.

**«But by God's undeserved kindness
I am what I am.»**



DANIEL JOSUE CARVAJAL TINOCO

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por ser mi guía, por dame la fuerza y sabiduría para alcanzar las metas que me he trazado.

A mis padres Marco Valencia y Gradys Quintero por darme mucho amor, haberme apoyado y brindarme sus conocimientos y experiencias para poder crecer como personas y ser mi ejemplo a seguir.

A mis tutores Julio Mojica y Rafael Rojas por realizar el correspondiente acompañamiento en este trabajo, y por brindarme conocimientos que van más allá de lo académico, como es la humildad, ejemplo de trabajo y constancia.

A mi amigo Daniel Carvajal por su amistad incondicional y por compartir sus conocimientos conmigo.

Dios los bendiga a todos.

JULIO CESAR VALENCIA QUINTERO

Resumen

En el presente proyecto de investigación. “PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE APROVISIONAMIENTO DE UNA EMPRESA DE OUTSOURCING EN REFRIGERACIÓN APLICANDO HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN” se caracterizó la rotación de las referencias pertenecientes a cada familia de insumos manejadas en los procesos de instalaciones y correctivos, mediante la herramienta Excel se caracterizó la demanda y los parámetros necesarios para construir el modelo de simulación. Se diseñó un modelo conceptual del proceso de aprovisionamiento de la empresa analizada para su construcción en Arena ®, en este mismo software se construyó el modelo donde se simularon las condiciones de arribo, proceso de aumento y disminución de inventario, así como la medición de los niveles de servicio de cada tipo de servicio; Mediante la herramienta process analyzer se analizaron los diferentes escenarios de funcionamiento iterando los valores de las variables de control, para obtener el valor deseado en las variables de respuesta. Se realizaron 20 réplicas para validar el modelo mediante la fórmula asociada para el cálculo del número de réplicas teniendo en cuenta el error permisible y las desviaciones estándar entre resultados, demostrando así que el modelo de simulación evaluado es una representación fidedigna del sistema real de análisis de aprovisionamiento e inventario de la empresa analizada. Se evaluó el porcentaje del nivel de servicio de cada uno de los tipos de pedidos con un mínimo permisible del 95%. Los resultados obtenidos demuestran que si se siguen las recomendaciones se podría aumentar en un 24,51% la cantidad de pedidos atendidos en un año.

Palabras clave: Simulación de procesos, Aprovisionamiento, Inventario, política de compras, Rotación de referencias

Abstract

In the present research project. "PROPOSAL TO IMPROVE PROCESS OF PROCUREMENT OF AN OUTSOURCING COMPANY IN REFRIGERATION BY APPLYING SIMULATION TOOLS" was characterized the rotation of the references belonging to each family of inputs managed in the processes of facilities and corrective, using the Excel tool was characterized the demand and the parameters necessary to build the simulation model. A conceptual model of the supply process of the analyzed company was designed for its construction in Arena ®, in this same software the model was created where the conditions of arrival, process of increase and decrease of inventory were simulated, as well as the measurement of the service levels of each type of service; Using the process analyzer tool, the different operating scenarios were analyzed by iterating the values of the control variables, in order to obtain the desired value in the response variables. 20 replicas were performed to validate the model by means of the associated formula for the calculation of the number of replicates taking into account the permissible error and the standard deviations between results, demonstrating that the simulation model evaluated is a reliable representation of the real analysis system of Procurement and inventory of the company analyzed. The percentage of the service level of each of the types of orders was evaluated with a minimum allowable of 95%. The results obtained show that if the recommendations are followed, the number of orders attended in a year could be increased by 24.51%.

Keywords: Process simulation, Procurement, Inventory, purchasing policy, Reference rotation

Contenido

Lista de tablas y figuras.....	11
Tablas	11
Figuras.....	13
Introducción	15
1. Contexto y descripción del problema	17
1.1. Formulación del problema	18
2. Objetivos	19
2.1 Objetivo general.....	19
2.2 Objetivos específicos	19
3. Justificación	20
4. Alcance	21
5. Fundamentación Teórica.....	22
5.1. Marco teórico	22
5.2. Estado del arte	33
6. Metodología propuesta	50
7. Desarrollo.....	52

7.1. Caracterización del comportamiento de los SKU dentro de las operaciones de la empresa.	52
7.2. Modelo de simulación para la gestión de aprovisionamiento en la empresa Goval de Colombia S.A.S	58
7.3. Resultados del modelo de simulación.....	73
7.3.1. Política de inventario	74
7.3.2. Comparación de medidas de desempeño	74
7.3.3. Evaluación de los costos de inventario.	81
7.4. Diseño de proceso de negocio elaborado en Bizagi Modeler ®	83
7.4.1. Modelo conceptual del proceso de aprovisionamiento	84
7.4.2. Modelo de proceso en Bizagi Modeler ®	84
Conclusiones	87
Trabajos Futuros	88
Referencias.....	89

Lista de tablas y figuras**Tablas**

Tabla 1 Consolidado de referencias para tubería de cobre	52
Tabla 2 Consolidado de referencias para codos de cobre	53
Tabla 3 Consolidado de referencias para refrigerantes	54
Tabla 4 Consolidado de referencias para gas butano.....	55
Tabla 5 Consolidado de referencias para aislamiento.....	55
Tabla 6 Consolidado de referencias para capacitores	56
Tabla 7 Consolidado de referencias para soldadura de plata	58
Tabla 8 Tiempos entre llegadas de pedidos en días	58
Tabla 9 Cantidad de pedidos que llegan	60
Tabla 10 Probabilidad de solicitud de instalación según tipo de equipo	61
Tabla 11 Probabilidad de solicitud de corrección fuga según tipo de equipo	61
Tabla 12 Probabilidad de solicitud de recarga de refrigerante según tipo de equipo	61
Tabla 13 Probabilidad de solicitud de cambio capacitor según tipo de equipo	62
Tabla 14 Insumos requeridos para cada tipo de servicio	62
Tabla 15 Cantidades de recurso utilizado para instalaciones según tipo de equipo	63
Tabla 16 Cantidades de recurso utilizado para corrección de fuga según tipo de equipo	63
Tabla 17 Cantidades de recurso utilizado para recarga de refrigerante según tipo de equipo	64
Tabla 18 Cantidades de recurso utilizado para cambio de capacitor según tipo de equipo	64
Tabla 19 Parámetros para función de costos de inventario.....	65
Tabla 20 Cantidades a pedir e inventario de seguridad de insumos para escenario 1	74

Tabla 21 Cantidades a pedir e inventario de seguridad de insumos para escenario 2	74
Tabla 22 Nivel de servicio para instalaciones. Escenarios 1 y 2	75
Tabla 23 Nivel de servicio para corrección de fuga. Escenarios 1 y 2	76
Tabla 24 Nivel de servicio para recarga de refrigerante. Escenarios 1 y 2.....	77
Tabla 25 Nivel de servicio para cambio de capacitor. Escenarios 1 y 2.....	78
Tabla 26 Nivel de inventario promedio por insumo. Escenarios 1 y 2.....	79
Tabla 27 Número promedio de pedidos al año por insumo. Escenarios 1 y 2.....	80
Tabla 28 Relación de ingresos marginales a obtener con nueva política de inventarios	83

Figuras

Figura 1 Modelo de simulación inicial para requisición de materiales Crear Ingeniería LTDA..	40
Figura 2 Modelo de simulación alternativo para requisición de materiales Crear Ingeniería LTDA	41
Figura 3 Matriz metodológica.....	51
Figura 4 Distribución de referencias dentro de la familia de tubería de cobre.	53
Figura 5 Distribución de referencias dentro de la familia codo de cobre.	54
Figura 6 Distribución de referencias dentro de la familia aislamiento.	56
Figura 7 Distribución de referencias dentro de la familia capacitores.....	57
Figura 8 Distribución de los tiempos entre arribos de los pedidos	59
Figura 9 Probabilidad de ocurrencia de cada tipo de pedido	60
Figura 10 Sección de revisión y abastecimiento-modelo de simulación propuesto	68
Figura 11 Sección de llegada de solicitudes de servicio	69
Figura 12 Sección de verificación de inventario para instalaciones	70
Figura 13 Sección de verificación de inventario para corrección de fuga.....	71
Figura 14 Sección de verificación de inventario para recarga de refrigerante	72
Figura 15 Sección de verificación de inventario para cambio de capacitores	73
Figura 16 Comparación de nivel de servicio para instalaciones según tipo de equipo.....	75
Figura 17 Comparación de nivel de servicio para corrección de fuga según tipo de equipo	76
Figura 18 Comparación de nivel de servicio para recarga de refrigerante según tipo de equipo .	77
Figura 19 Comparación de nivel de servicio para cambio de capacitor según tipo de equipo	78
Figura 20 Comparación nivel de inventario promedio por insumo en escenarios 1 y 2.....	80

Figura 21 Comparación del número promedio de pedidos al año por insumo en escenarios 1 y 2	81
Figura 22 Modelo de gestión de compras en Bizagi Modeler	85

Introducción

La ubicación de Colombia dentro de la geografía terrestre es privilegiada debido a que colinda naturalmente con dos de los cinco cuerpos oceánicos más grandes del mundo (océano Atlántico y Pacífico), sino que en su diversificado relieve es posible contar con todos los pisos térmicos existente, repercutiendo así en las condiciones climáticas dentro del territorio nacional, es decir es posible pasar desde alta y templada capital a la húmeda y calurosa costa atlántica.

Para junio de 2017 en Barranquilla las temperaturas estuvieron en un rango comprendido entre 26.12 y 31.3 grados, siendo la tercera temperatura más alta en la costa caribe colombiana, precedida por Riohacha y Santa Marta. El tipo de clima es seco, con gran déficit de agua, y cálido. (Centro de investigaciones Oceanograficas e Hidrograficas - CIOH, 2017); Uno de los factores analizados en un estudio de trabajo tiene que ver con las condiciones climatológicas del lugar de trabajo.

Teniendo en cuenta investigación relacionadas con las condiciones ambientales en los lugares de trabajo, tras los cuales se ha determinado que el estrés térmico puede afectar la productividad de los empleados, por este motivo, cuando se demuestre que los trabajadores pueden correr el riesgo de estrés térmico, los empleadores deberían eliminar la necesidad de trabajar en condiciones de altas temperaturas o, si la eliminación no es practicable, deberían adoptar medidas para reducir la carga térmica del ambiente. (OIT, 2001)

Las empresas en general buscan acatar las recomendaciones de la Oficina Internacional del Trabajo (OIT), debido a que la globalización y los tratados de libre comercio firmados con el país hacen necesario que las organizaciones saquen el máximo provecho de sus recursos tanto humanos como de equipos y demás. Estas recomendaciones de la OIT han ayudado a que el

sector de las empresas prestadoras de servicios de refrigeración tenga un rol casi que protagónico en las empresas, por esto la ex-directora ejecutiva de la Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (Acaire) expresó las siguientes palabras al diario El Espectador, “Nadie nos conoce, pero todo el mundo nos necesita. Somos un elemento transversal a cualquier industria y estamos presentes en la vida cotidiana de las personas” (Hernández Bonilla, 2016).

De esta forma, así como las empresas requieren soluciones en refrigeración, así mismo este sector tiene la obligación de prestar un servicio de calidad al cliente final debido a que la competencia es implacable en este sector económico, una de las formas en las que se puede generar valor agregado a los clientes es aumentando los niveles de servicio a los requerimientos de las empresas, tanto para mantenimientos (preventivos/correctivos) como para las instalaciones que se necesiten. Teniendo en cuenta lo anterior una causa por la cual se pierden los clientes o en su defecto disminuye la cantidad de servicios solicitados es debido a la falta de recursos a la mano, lo que hace que un factor determinante dentro de la operación de las empresas del sector de refrigeración este aunada a una política de inventarios.

Por todo lo anterior, se realiza el presente trabajo para contribuir a aumentar la competitividad, productividad y rentabilidad del sector de refrigeración en la ciudad de barranquilla, mediante el uso de software de simulación Arena®, Microsoft Excel y el modelador de procesos de negocios Bizagi Modeler®. Esto con el fin de establecer estrategias eficientes en materia de gestión de inventarios en una empresa del sector de la refrigeración, teniendo a la mano información correspondiente a la rotación de insumos en lo corrido del año 2017.

1. Contexto y descripción del problema

Cuando se analizan las operaciones de las empresas que ofrecen servicios de tercerización de mantenimiento (tanto preventivo como correctivo) de sistemas de aires acondicionado, es importante revisar si se cuenta con el personal, equipos e inventario a la mano para poder prestar el servicio de manera ágil y oportuna. Actualmente la empresa Goval de Colombia S.A.S viene prestando los servicios de outsourcing a varias empresas de la Costa Atlántica.

Para ello Goval ha tenido que realizar inversiones en capacitación al personal y compra de activos. Sin embargo, un tema bastante relevante que no se ha tenido en cuenta es la identificación de las referencias (repuestos) más solicitadas. De igual manera la empresa desconoce qué cantidades debe comprar y cuando hacerlo. Lo que si es cierto es que la empresa debe garantizarles a todas sus clientes la satisfacción en el servicio y para ello debe asegurar la disponibilidad de los equipos de refrigeración subcontratados.

Entre la amplia gama de actividades logísticas que se pueden presentar en una empresa de servicios de mantenimiento de aires acondicionados, una de las más críticas es el proceso de inventario porque una correcta selección de la política, le permite a la empresa disminuir sus costos y garantizar la satisfacción del cliente que los contrata.

El proyecto se centrará en plantear una solución de carácter operativo a nivel del departamento de ingeniería de la empresa en el cual se puedan tomar decisiones de tipo táctica para gestión del aprovisionamiento basándose en 7 familias de insumos considerados como críticos para la operación de la empresa.

1.1. Formulación del problema

¿De qué manera se puede mejorar el proceso de aprovisionamiento de la empresa Goval de Colombia para garantizar un nivel de servicio de al menos el 95%, y que además permita disminuir los costos de aprovisionamiento y mantenimiento de inventarios?

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Diseñar una propuesta de mejora para el proceso de aprovisionamiento de una empresa de outsourcing de refrigeración que permita la toma de decisiones relacionadas con estrategias de compras e inventarios, con el fin de garantizar la satisfacción del cliente y determinar las cantidades de insumos requeridos para mantener un nivel de servicio por encima del 95%

2.2 Objetivos específicos

Desarrollar una clasificación de las referencias SKU (Stock Keeping Unit) de la empresa, como herramienta para disponer de diferentes niveles de control, conforme al impacto de la demanda de los mismos; utilizando un análisis graficas de torta.

Diseñar un proceso de aprovisionamiento que permita establecer las cantidades mínimas que se debe tener de cada referencia para lograr la satisfacción del cliente, a través de la simulación en el software Arena.

Modelar el sistema propuesto como herramienta para visualizar el proceso de gestión de aprovisionamiento de las referencias SKU (Stock Keeping Unit) más requeridas por la empresa, a través del Software Bizagi.

3. Justificación

La función de inventarios está alineada con la obtención de las utilidades. Las utilidades están relacionadas con el nivel de ventas y los costos y gastos asociados a la operación. Si la función del inventario no opera con efectividad, las ventas no tendrán el material suficiente para satisfacer la demanda, el cliente estará inconforme, habrá ventas pérdidas y la oportunidad de tener utilidades se desvanecerá. El control de los inventarios es uno de los aspectos menos atendido por las empresas y por el contrario debería ser uno de los más analizados y estudiados.

El presente proyecto resulta relevante al considerar una propuesta para la gestión de inventarios que le permita a la empresa decidir qué y en qué cantidad comprar, además de disminuir los costos de aprovisionamiento y de esta manera presentar ofertas más rentables tanto para el cliente como para la misma empresa. Los impactos que podrían producirse a partir del estudio son:

- Aumento del nivel de servicio con respecto a las solicitudes de servicio de los clientes.
- Documentación y estandarización del proceso.

4. Alcance

En esta investigación se desarrollará a través del software Arena ® un modelo de simulación del proceso de aprovisionamiento e inventarios de la empresa Goval de Colombia S.A.S, empresa del sector de refrigeración de Barranquilla, con información registrada durante el año 2016.

5. Fundamentación Teórica

5.1. Marco teórico

Un sistema de reposición de inventarios debe permitirnos responder a dos preguntas:

¿Cuánto comprar? y ¿Cuándo comprar? El cálculo del EOQ nos permite responder a la primera de estas dos interrogantes. Mediante el uso de un sistema de reposición de inventarios debemos estar en capacidad de responder a ambas interrogantes.

Sistema de revisión continua.

En este sistema se evalúa constantemente la cantidad que se tiene en el inventario para poder determinar si es necesario realizar un nuevo pedido. Cuando el nivel de inventario llega al punto de re-orden (R) se realiza un pedido de una cantidad Q de dicho artículo. En este sistema la cantidad de artículo en los pedidos es fija, mientras que el tiempo transcurrido entre pedidos suele variar.

Para poder evaluar el nivel de inventario, se debe considerar el inventario disponible más las recepciones programadas y a ello quitarle las ordenes atrasadas. Para poder determinar el stock de seguridad, la empresa debe definir el nivel de servicio, es decir la probabilidad de no quedarse sin inventario durante el tiempo de entrega. Asumiendo que la demanda durante el tiempo de entrega se distribuye normal, se calcula el stock de seguridad como el producto de la desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega y el valor Z del nivel de servicio.

Sistema de revisión periódica (P)

En este caso el periodo entre pedidos es un valor fijo. El valor del tiempo entre revisiones puede ser determinado por la empresa al igual que puede determinarse al utilizar el tiempo entre entregas determinado por el EOQ. Para ello se divide la demanda anual entre el EOQ, obteniendo la cantidad de pedidos a realizar durante el año. Finalmente se divide los 300 días laborales del año entre la cantidad de pedidos a realizar para obtener el periodo entre pedidos. En la figura 1.6 se puede ver el sistema de reposición de inventario P.

Es necesario determinar el nivel objetivo de inventario. Este nivel objetivo de inventario debe de cubrir las necesidades de la demanda durante todo el periodo de revisión P y el tiempo de entrega del pedido realizado L.

Al igual que el sistema de revisión continua, se debe considerar el stock de seguridad para determinar el nivel objetivo de inventario. En el caso del sistema de revisión periódica el stock de seguridad se calcula como el producto del nivel de servicio Z y la desviación estándar de la demanda durante el periodo de revisión y el periodo de entrega teniendo el siguiente cálculo:

$$S.S = Z\sigma_{p+L}$$

El cálculo de la desviación estándar del periodo P+L se realiza de la siguiente manera:

$$\sigma_{P+L} = \sigma_t \sqrt{P + L}$$

Donde:

σ_t = Desviación estándar en el periodo t

P = Periodo entre revisiones

L = Tiempo de entrega

Finalmente se tiene que el nivel objetivo de inventario es calculado de la siguiente manera:

$$T = d(P + L) + Z\sigma_{P+L}$$

Curva de intercambio

La curva de intercambio pertenece al grupo de técnicas agregadas. Se logra consolidar todos los productos para poder manejar una política de inventarios de manera integral que tener de manera individual por producto. Esto dependerá de la clasificación ABC que se realice y si es necesario se hará una sub-clasificación dentro de cada clase ABC como A1, A2..., B1, B2 para tener un mejor manejo de inventarios. Este enfoque es más alineado a la realidad debido a que el cálculo correcto de niveles de inventario para cada ítem no asegura totales globales sean correctos.

Manejo de almacenes

según (Carreño Solis, 2017) el almacén es un sistema que combina infraestructura, recursos humanos, maquinarias, equipos y procesos para labores de conversación o almacenamiento de inventarios y manipulación de los mismos, que los clientes internos o externos de la empresa requieran, (Lambert, Cooper, & Janus, 1998) complementan el concepto anterior indicando que a pesar de existir varias etapas en el ciclo de almacenamiento, hay dos que son fundamentales, la recepción y el almacenamiento de los productos.

Recepción de productos

Consiste en la recepción física de los artículos adquiridos por la empresa o de los productos terminados que el área de producción elabora para su entrega final al cliente final. En algunas ocasiones la recepción, además de la descarga física de los productos y de la entrega a la zona de almacenamiento, incluye otras operaciones intermedias sobre las mercancías, como desembalajes, inspecciones, clasificaciones y controles sobre las mismas, que se realizan en los muelles de recepción o despacho.

Almacenamiento

Es la actividad de guardar y preservar los artículos, cuidándolos para que puedan entregarse en condiciones de ser utilizados cuando los consumidores lo necesiten. Según (Dobler & Burt, 1996) el problema de la ubicación de los productos dentro del almacén consiste en decidir la distribución física de los productos dentro de los almacenes con los siguientes objetivos:

- Minimizar los costos de manipuleo de mercancías.
- Minimizar las distancias totales recorridas en los almacenes.
- Maximizar la utilización de los espacios.
- Satisfacer ciertos condicionantes del almacenamiento del producto, tales como:
- Evitar las incompatibilidades de diferentes tipos de mercancías.
- Ajustarse a las necesidades del área de preparación de pedidos.
- Reducir las posibilidades de accidentes o siniestros.

Para el logro de estos objetivos existen varios principios que se deben de considerar al momento de ubicar un producto en un determinado almacén. Por ejemplo, (Dobler & Burt, 1996) manifiesta que es una buena práctica ubicar a los productos de mayor índice de rotación de inventarios o demanda cerca de las zonas de recepción o despacho, evitando así recorridos largos e innecesarios. Asimismo, aquellos productos que por su naturaleza son complementarios, es decir, que se despachan juntos, tales como tuercas, pernos, accesorios de aluminio, etc., se deben almacenar lo más cerca posible unos de otros, para evitar, de esta forma, recorridos innecesarios al momento de preparar los pedidos.

Métodos para la ubicación de productos en el almacén

Cuando la mercadería llega al almacén, debe de colocarse en alguna estantería o zona de almacenamiento, respetando los principios de ubicación de productos dentro del almacén.

Existen dos métodos para la ubicación de los productos en el almacén:

Método de la ubicación fija

Este método asigna a cada producto una zona determinada o un número fijo de estantes. Hay que tener mucho cuidado al momento de definir el tamaño del espacio físico de almacenamiento, de cada producto, pues puede resultar insuficiente en las épocas de alta demanda, o más que suficiente en las épocas de baja demanda. Es muy utilizado en almacenes

con poca variedad de productos por su simplicidad y porque, en casos extremos, no requiere ningún código de la ubicación.

Método de ubicación aleatoria

Consiste en almacenar la mercadería en cualquier zona que esté libre dentro del almacén. Este método produce una mejor utilización del espacio que el anterior, pero requiere la utilización de un código de ubicación para la zona o estante que permita una rápida ubicación de las mercancías para su despacho. Es muy utilizado en los sistemas automatizados de almacenamiento y preparación de pedidos, en los que la principal restricción reside en el espacio disponible para el almacenamiento.

Preparación de pedidos

(Carreño Solis, 2017) Indica que este proceso consiste en la recogida de las mercancías pedidas de las áreas del almacén donde están ubicadas. La actividad de preparación de pedidos es la más crítica del ciclo de almacenamiento, debido a la gran cantidad de recursos necesarios para su realización. Esta actividad puede tener lugar directamente en las áreas de almacenamiento o en zonas especiales, llamadas Zonas de preparación de pedidos, creadas para optimizar el flujo de materiales.

Para (Carreño Solis, 2017) La ejecución de la preparación de pedidos requiere la elaboración de listas de recogida de los productos. Estas listas pueden ser electrónicas o

manuales, dependiendo del nivel de automatización del almacén, además que la elaboración adecuada de estas listas es un factor decisivo para la realización eficiente de esta actividad.

Estas listas de recogida guían el recorrido que el trabajador realiza dentro del almacén a fin de extraer los productos pedidos. Por tanto, los productos dentro de la lista deben estar dispuestos de forma que siga la misma secuencia u orden en que se encuentran ubicados en el almacén, pues con ello se evitan los retrocesos o la repetición de las mismas rutas.

Control de inventarios

(Krajewski, 2013) Lo define como la verificación física de los productos, lo cual debe de realizarse durante todo el ciclo de almacenamiento, desde la recepción hasta el despacho. Los aspectos a verificar son: (a) el tipo del producto, (b) la cantidad del mismo (unidades, peso, volumen, etc.), (c) el estado de conservación del mismo. Cuando esta actividad se realiza sobre los productos almacenados se denomina también Toma de inventarios el cual puede ser de dos tipos: Toma masiva de inventarios y Toma cíclica de inventarios.

Toma masiva de inventarios

(Pau I Cos, 2001) La define como aquella que se ejecuta, como su nombre lo indica, en masa a todos los productos almacenados, al menos debe realizarse una vez al año, y por lo general, esta ocasión coincide con el cierre del ejercicio contable anual.

La toma de inventarios masiva, por el gran volumen de productos a contar, es compleja, ya que requiere de una preparación previa del almacén, ordenamiento de los productos guardados, actualización de las transacciones en el sistema de información y capacitación del personal al intervenir en la toma.

Toma cíclica de inventarios

Su nombre se debe a que el conteo se realiza por ciclos cortos, en cada uno de los cuales se cuenta un grupo determinado de artículos. La condición del conteo cíclico es que, al finalizar el año, al menos se haya contado una vez cada producto. (Pau I Cos, 2001) Sugiere para organizar el conteo cíclico, usar la ley de Pareto, el cual nos dice que unos pocos productos concentran gran parte del costo de los productos almacenado. Por tanto, aquellos productos de mayor costo serán contados varias veces al año, en más ciclos que aquellos que no lo son.

Estanterías frontales o selectivas

Son estanterías de profundidad simple, que permiten el acceso directo a todos los pallets almacenados, facilitando con ello la preparación de pedidos. Esta versatilidad implica la utilización de una gran cantidad de espacio en los pasillos de circulación. Según (Carreño Solis, 2017) es recomendable para almacenes que manejan una gran cantidad de artículos con bajos volúmenes de stock.

Estanterías por acumulación

Estanterías de una profundidad mayor a la simple, que permite un mejor aprovechamiento del espacio que el de tipo selectivo. La destinación de espacios para los pasillos de circulación, a diferencia del tipo selectivo, es menor. Según (Carreño Solis, 2017) Es recomendable para almacenes con pocos tipos de artículos que se almacenan en grandes volúmenes.

La simulación de procesos

La simulación consiste en construir modelos informáticos que describen la parte esencial del comportamiento de un sistema de interés, así como en diseñar y realizar experimentos con tales modelos con el fin de extraer conclusiones de sus resultados para apoyar la toma de decisiones. Típicamente, se utiliza en el análisis de sistemas tan complejos que no es posible su tratamiento analítico o mediante análisis numérico. La simulación es hoy una metodología de experimentación fundamental en campos tan diversos como la economía, la estadística, la informática, la ingeniería química, la ecología y la física, con enormes aplicaciones industriales y comerciales, que van desde los sistemas de manufacturación a los simuladores de vuelo, pasando por los juegos de ordenador, la predicción bursátil y la predicción meteorológica.

La simulación se refiere a un gran conjunto de métodos y aplicaciones que buscan imitar el comportamiento de sistemas reales, generalmente en una computadora con un software apropiado. La simulación puede ser un término extremadamente general dado que se utiliza en muchos campos, industrias y aplicaciones. En estos días, la simulación es más popular y

poderosa que nunca, ya que las computadoras y el software son mejores de los que nunca han existido.

La simulación, al igual que la mayoría de los métodos de análisis, implica sistemas y sus modelos. Si el modelo es simple, se debe poder usar herramientas matemáticas tradicionales como la teoría de colas, métodos de ecuaciones diferenciales o algo como la programación lineal para obtener las respuestas que se necesitan. Esta es una situación agradable puesto que se deberían obtener fórmulas lo suficientemente sencillas para responder a las preguntas, lo cual puede evaluarse con facilidad de forma numérica; trabajar con la fórmula (por ejemplo, tomar derivadas parciales de ella en relación a parámetros controlables de entrada) podría proporcionar un entendimiento en sí misma. Aun cuando no se obtenga una fórmula sencilla de forma cerrada, sino un algoritmo para generar respuestas numéricas, se tendrán respuestas exactas (hasta redondeo, de cualquier forma) más que estimados, que están sujetos a la incertidumbre.

Sin embargo, la mayoría de sistemas que las personas modelan y estudian son bastante complicados, así que sus modelos válidos también son bastante complicados. Es posible que para esos modelos no haya soluciones matemáticas exactas resueltas, y es ahí donde entra la simulación.

Rockwell Arena simulation software ®

Es un sistema que provee un entorno de trabajo integrado para construir modelos de simulación en una amplia variedad de campos; integra, en un ambiente fácilmente comprensible, todas las funciones necesarias para el desarrollo de una simulación exitosa (animaciones, análisis de entrada y salida de datos y verificación del modelo).

El desarrollo de modelos de simulación mediante este sistema tiene varias ventajas, entre las que se encuentra:

- Es una poderosa herramienta de simulación.
- Comprende un entorno amigable, que está especialmente diseñado para personas que no poseen conocimientos de programación.
- Los utilitarios que brinda son de fácil uso.
- Cuenta con una excelente capacidad gráfica.
- Ofrece gran versatilidad, pues se puede modelar desde una fábrica automotriz hasta una sala de espera en un hospital.
- Es compatible con productos MICROSOFT OFFICE

Reseña histórica.

Arena tiene sus orígenes en 1982; en ese año Dennis Pegden publicó el primer lenguaje de simulación de propósito general para modelar sistemas de manufactura en un PC. Esta aplicación constaba de varias características de manufactura de carácter especial, que hacían que el lenguaje fuera bastante útil y eficiente en el momento de modelar sistemas grandes y complejos.

Pero fue solo en 1993 cuando se introdujo el sistema de modelamiento ARENA, el cual crea ambientes gráficos e interactivos para el diseño de modelos mediante el uso del lenguaje SIMAN. Con base en este lenguaje se pueden crear modelos que simulen áreas específicas de los procesos, como el transporte de elementos y la comunicación, entre muchos otros.

5.2. Estado del arte

En el presente marco teórico es importante considerar las características contextuales teóricas en relación al tema, para esto es necesario tener en cuenta los elementos que se han dado a través de la gestión y control de los inventarios para lo cual es sin duda alguna uno de los mayores retos que afrontan las empresas actualmente, una adecuada estrategia en la gestión de los inventarios garantiza: competitividad, confiabilidad, altos niveles de satisfacción en los clientes, información oportuna sobre los gastos que las organizaciones invierten en el manejo de inventarios, seguridad administrativa y financiera, entre otros.

Para nutrir este marco teórico se consultaron las bases de datos de las bibliotecas y se analizaron los aportes de diferentes teóricos especialistas en el tema de la gestión del control de inventarios, se ha encontrado entonces, que existen diferentes teorías, modelos y metodologías que buscan hallar niveles óptimos de inventarios, en lo que conlleva a entrar en un equilibrio entre niveles altos y bajo que eviten rupturas de inventarios y altos costos de estos.

En lo que respecta a la logística empresarial: posición de la gestión de inventarios, se puede apreciar cómo los últimos años, en el mundo se han dado una serie de transformaciones, sobre todo en lo que respecta a las prácticas de los negocios.

Para las organizaciones el cliente se ha convertido en una Fuente de información estratégica en relación a la calidad del producto y del servicio en lugar de ser única-mente el objetivo de las campañas publicitarias de empresas productivas y de servicios. En consecuencia, las formas clásicas de dirigir a las organizaciones basadas en el análisis y la optimización de cada una de sus áreas funcionales van perdiendo vigencia a favor de enfoques de dirección sistémicos, que abogan por conseguir un Funcionamiento del sistema suficientemente satisfactorio para cada

una de sus partes. El control total de la calidad, la dirección por objetivos, el mercadeo y la logística constituyen, bajo formas y campos diferentes, métodos de gestión inspirados en un enfoque integrador y sistémico.

De acuerdo con (Silva, 2015.), el autor enmarca una serie de características contextuales relacionadas con la gestión y control de los inventarios es sin duda alguna uno de los mayores retos que afrontan las empresas actualmente, una adecuada estrategia en la gestión de los inventarios garantiza: competitividad, confiabilidad, altos niveles de satisfacción en los clientes, información oportuna sobre los gastos que las organizaciones que invierten en el manejo de inventarios.

En el contexto de la gestión y control de los inventarios de la Sociedad Soserauto S.A. se utilizó el Software Arena, direccionó una herramienta para realizar una serie de modelos de simulación de inventarios (s, S) donde se buscó es diseñar un sistema de control de inventarios en el almacén de la empresa que permita hallar una solución óptima y establecer la cantidad mínima de inventario (punto de re-orden), la cantidad máxima de inventario (nivel objetivo) y la cantidad óptima de pedido (tamaño de lote) que se debe tener de cada repuesto para satisfacer principalmente la demanda y para tener la cantidad óptima de inventario en el almacén de la empresa (Silva, 2015.)

Por otro lado, hay que suministrar información a dicho modelo de simulación, se debe desarrollar un sistema ABC como método de clasificación de inventarios en función del historial de ventas de repuestos, seguidamente se realiza análisis de Pareto y se determinan los repuestos con más del 50% de representación en las ventas para la empresa, se realiza combinaciones con los repuestos estudiados y se establecen los diferentes tipos de cliente y su preferencia en la compra de estos, se estudia el comportamiento estadístico de la demanda de cada uno de los

repuestos en consideración y el comportamiento estadístico de la preferencia de cada tipo de cliente (Silva, 2015.)

El autor reconoce que la importancia del control de inventarios reside en el objetivo primordial de toda empresa: obtener utilidades, que radica en gran parte de las ventas, ya que éste es el motor de la empresa, sin embargo, si la función del inventario no opera con efectividad, ventas no tendrá material suficiente para poder trabajar, el cliente se inconforma y la oportunidad de tener utilidades se disuelve. Entonces, sin inventarios, simplemente no hay ventas. El control del inventario es uno de los aspectos de la administración que en la micro y pequeña empresa es muy pocas veces atendido, sin tenerse registros fehacientes, un responsable, políticas o sistemas que le ayuden a esta fácil pero tediosa tarea.

Además, considera la importancia que representan los inventarios aparte de permitir un mejor nivel de servicio, permiten cubrir mejor los requerimientos de la demanda, que son generalmente probabilísticos y en pocos casos determinísticos.

El inventario representa un porcentaje importante del capital de trabajo de una empresa. Por lo tanto, es relevante aumentar la rentabilidad de la organización por medio de una correcta utilización del inventario, prediciendo el impacto de las políticas corporativas en los niveles de stock, y minimizando el costo total de las actividades logísticas asegurando el nivel de servicio entregado al cliente.

En los resultados que se dieron en esta investigación fue que se logró realizar un diagnóstico general de la empresa que permitió conocer las funciones operativas y las relaciones con grupo de interés como los socios, clientes y proveedores

Por otro lado, (Gutiérrez & Vidal, 2008) realizaron una revisión de los modelos de gestión para el diseño de políticas de inventarios de productos terminados y de materias primas en cadenas de abastecimiento, teniendo en cuenta la variabilidad de la demanda y los tiempos de suministro. El esquema de revisión se clasifica en cuatro secciones:

- Modelos de Aleatoriedad de la Demanda
- Modelos de Aleatoriedad de los Tiempos de Suministro
- Modelos de Políticas de Inventarios
- Modelos Integrados para la Gestión de Inventarios.

Para cada sección se presentan tablas de resumen, describiendo las principales características de los modelos reportados. Se hace especial énfasis en la carencia de metodologías para modelar los aspectos variables del sistema y se identifican las oportunidades de investigación y desarrollo del área, en el contexto de la industria nacional

La gestión de un sistema de inventarios es una actividad transversal a la cadena de abastecimiento que constituye uno de los aspectos logísticos más complejos en cualquier sector de la economía. Las inversiones en los inventarios son cuantiosas y el control de capital asociado a las materias primas, los inventarios en proceso y los productos finales, constituyen una potencialidad para lograr mejoramientos en el sistema.

En los resultados que se dieron en este artículo aconsejan para que las empresas puedan mantener su competitividad, es necesario definir una metodología que permita estimar las políticas de control de inventarios de productos terminados y materias primas a lo largo de su cadena de abastecimiento, considerando la naturaleza aleatoria de la demanda de productos terminados y de los tiempos de suministro entre las etapas de la cadena.

A pesar de que actualmente existe un completo conjunto de modelos y métodos de solución para dar soporte a las decisiones del sistema de inventarios, no existe una metodología clara y unificada que brinde dicho soporte, particularmente en el contexto de cadenas regionales. Con base en la revisión bibliográfica se puede concluir que:

De los métodos clásicos y las nuevas tendencias de modelación de la aleatoriedad de la demanda, han tenido una mayor aplicación práctica las metodologías de estimación mediante el análisis de series de tiempo, sistemas de pronósticos y refinamiento de los pronósticos haciendo uso la simulación y el desarrollo de herramientas computacionales para su automatización.

La implementación de modelos sencillos de pronósticos y técnicas de control de la demanda independiente en empresas colombianas, han arrojado resultados de mejoramiento impresionantes, evidenciando la utilidad de los métodos y las oportunidades que existen en el medio industrial.

La modelación de la aleatoriedad de fenómenos como la demanda y los tiempos de reposición ha sido trabajada exitosamente, con modelos estadísticos sencillos que asumen variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas, incluso en el diseño de cadenas de abastecimiento globales.

Existe también un desarrollo estadístico significativo en la modelación del comportamiento de los tiempos de reposición entre los nodos de la cadena de abastecimiento, en el que se crean nuevas funciones de probabilidad para el fenómeno dependiendo del contexto de operación.

No existe una metodología clara y unificada para definir el control de la demanda dependiente de manera integral con la demanda independiente. A pesar de que la modelación de la demanda independiente ha tenido un buen desarrollo, y que, a su vez, la programación de los

requerimientos de materiales en distintos ambientes productivos cuenta con una serie de técnicas para definir el control de la demanda dependiente, especialmente mediante métodos determinísticos, no hay un desarrollo que permita definir claramente cómo pasar de la demanda independiente a la demanda dependiente.

(Gómez, Modelo para Determinar políticas de Inventario Basado en los conceptos del riesgo y confiabilidad de equipos, 2008), pretende presentar un modelo para el cálculo de las cantidades óptimas de inventario de repuestos a mantener en stock a partir del análisis de los modos de fallas del equipo.

Este análisis de los modos de falla consiste en el cálculo de los tiempos operativos del equipo, la tipificación de los modos de falla y el ajuste de los datos a distribuciones estadísticas. Para demostrar la operacionalización del modelo, los parámetros que se utilizaron en la modelación fueron el tiempo de reabastecimiento de los repuestos, el costo de almacenamiento y la distribución estadística de los tipos de modos de falla.

El modelo de simulación se desarrolló con la ayuda del software Arena y una aplicación de Visual Basic de EXCEL, en el cual se le incluyeron los parámetros mencionados. Los resultados del modelo asocian la cantidad a mantener en inventario de un repuesto con el costo de cada una. Dicho costo se expresa como el producto de la probabilidad de tener o no el repuesto disponible con la consecuencia económica para la compañía. Es decir, el modelo involucra el concepto de riesgo para el cálculo del inventario óptimo y compara este cálculo con los métodos tradicionales para políticas de inventario.

Actualmente existen diversos métodos para estimar la cantidad que se debe mantener en la bodega de un determinado repuesto. En cada uno de estos métodos se tienen en cuenta diferentes variables y componentes que distinguen a uno de otro.

El control y la optimización del inventario de repuestos para mantenimiento de equipos han pasado a ocupar un lugar importante dentro de la gestión de éste, debido a los grandes ahorros que allí se pueden dar.

(Li & Zuo, 2007) afirman que los niveles de producción en los sistemas de manufactura dependen del estado del sistema de producción y están relacionados con las políticas de mantenimiento, miden el impacto del mantenimiento preventivo y correctivo en los niveles de producción y en el costo del inventario de productos. Según ellos, existen pocos estudios que tratan de la interacción entre estos dos temas y el efecto que la gestión de mantenimiento ejerce sobre los niveles de inventario de productos en las industrias.

Para (García, 2013), quien presenta la propuesta de un modelo de procedimiento del área de compras para la empresa Crear Ingeniería Ltda., como instrumento para gestionar eficientemente las requisiciones de materiales que se generan en las diferentes obras.

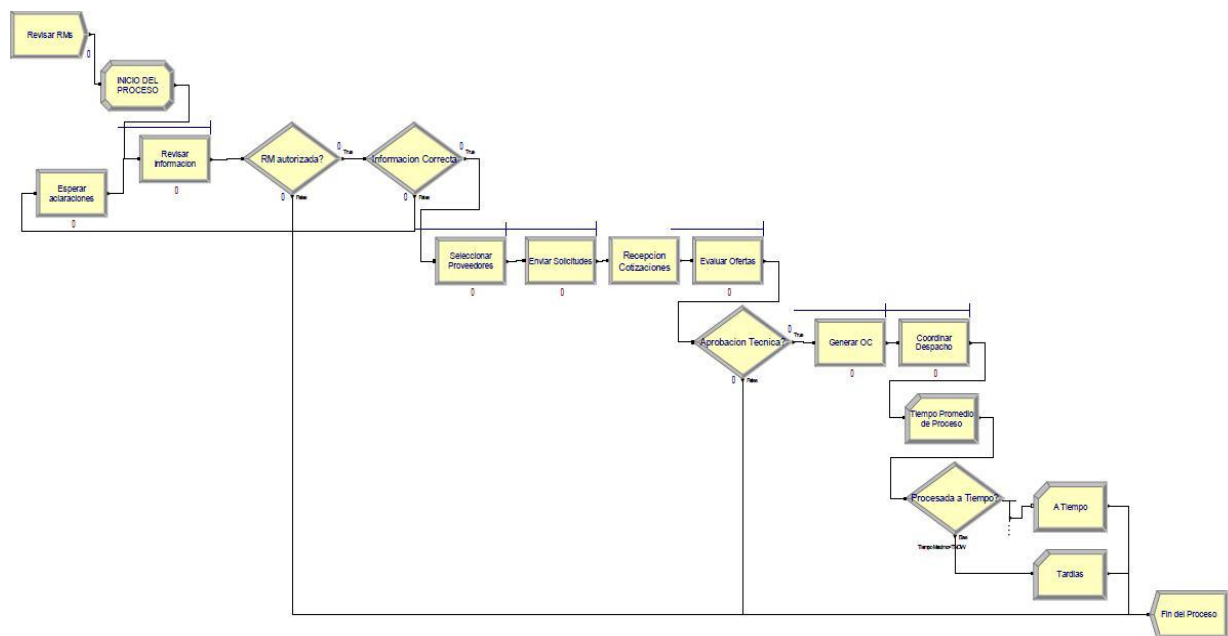
El trabajo se sostiene en la simulación teórica del procedimiento de compras actual de la empresa y la simulación de un modelo alternativo, ambos generados en el Software Arena 14.00.00.00000 que permitan visualizar las posibles mejoras que podría conseguir la empresa en su gestión de compras.

La dinámica del entorno empresarial en la actualidad obliga a las empresas a mirar constantemente las maneras de mejorar sus diferentes procedimientos con el fin de mantenerse competitivas y rentables, si bien la correcta interconexión de todas las áreas de una empresa es crucial para que esta funcione eficientemente, también es necesaria la revisión y el entendimiento particular de cada una de ellas para lograr una mejora continua.

El proyecto pretende realizar un análisis de datos del área de compras correspondientes al año 2012 con los que estimará las necesidades de modelos matemáticos y tecnológicos requeridos y disponibles para desarrollar los objetivos de reducir el porcentaje de requisiciones que se despachan de manera tardía y establecer si es posible mejorar el esquema de procesamiento de requisiciones, finalmente, de acuerdo a los datos que arrojen los modelos seleccionados se generarán las recomendaciones de posibles mejoras y la manera de implementación de estas.

Simulación Inicial

Posterior al análisis inicial de datos se procede a realizar la simulación inicial con el modelo actual que utiliza Crear Ingeniería Ltda. para procesar las requisiciones de materiales.



*Figura 1 Modelo de simulación inicial para requisición de materiales Crear Ingeniería LTDA
Elaborado por (García, 2013)*

Con el fin de responder la pregunta anterior se procede a la revisión de los ítems relacionados en las RM's de 2012 y se establece que el 25% de las RM's comparten ítems

idénticos, (este porcentaje excluye los ítems que requieren cobre para su fabricación ya que el precio de este material fluctúa constantemente.). Teniendo en cuenta la tabla de Tiempos Observados se establece un valor de 2 horas para realizar la confirmación de disponibilidad de materiales con los proveedores correspondientes y se incluye esta nueva actividad en el modelo.

Simulación Modelo Alternativo

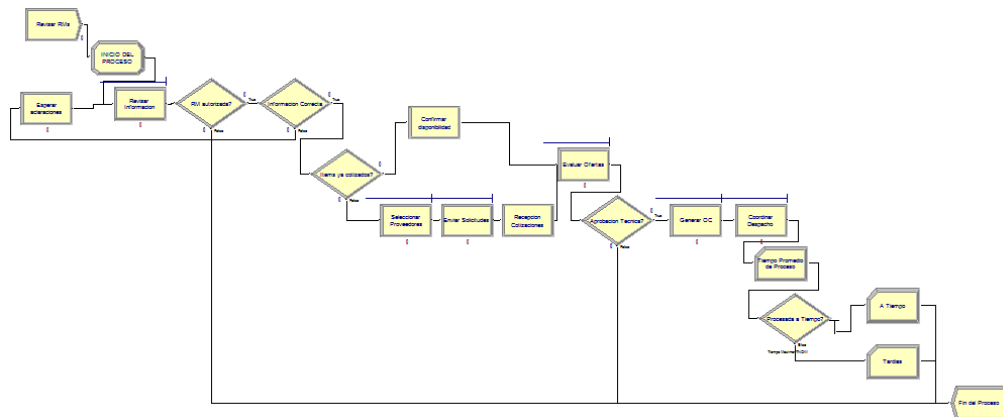


Figura 2 Modelo de simulación alternativo para requisición de materiales Crear Ingeniería LTDA

Elaborado por (García, 2013)

En los resultados obtenidos se observó que la empresa Crear Ingeniería Ltda., debería incluir en su procedimiento de compras la revisión de cotizaciones previas de materiales que ya hayan sido adquiridos y autorizar la compra de estos con base a cotizaciones previas, siempre y cuando correspondan al año en curso. Esto, con el fin de mejorar la respuesta del área de compras a las requisiciones de materiales.

El área de compras de la empresa debería mantener permanentemente actualizado su registro de compras del año en curso con el fin de poder consultar fácilmente las compras previas de materiales.

El personal del área de compras debería identificar aquellos materiales que son solicitados frecuentemente y crear una base actualizada de proveedores y precios para estos, con el fin de poder utilizarla como referencia para compras futuras.

(Villamarin, 2014), presenta como consecuencia de la identificación de una necesidad básica, dada la configuración actual de los modelos transaccionales globales, donde la pertinencia de los aspectos estructurales en la gestión logística operacional debe estar desprovista de vacíos que restrinjan los flujos, la comunicación y el desarrollo óptimo de operaciones de transporte. Por otro lado los escenarios de libre intercambio de bienes y servicios requieren de modelos robustos, acompañados de metodologías de ingeniería e integración empresarial, que permiten la identificación de vacíos e impulsen, la dinámica de trabajo colaborativo (Villamarin, 2014).

Se desarrolla un modelo y una metodología para la gestión logística de las operaciones de las empresas PYME de transporte terrestre de carga de Santiago de Cali que sirva de referencia y responda tanto a las exigencias locales con una visión global, como a los objetivos y estrategias trazados en la Política de Competitividad y Productividad (Conpes 3527). La cual sirve de base para configurar la operatividad de las locomotoras de desarrollo y crecimiento propuestas por el gobierno nacional.

La configuración de los esquemas transaccionales de comercio en el contexto dinámico global, precisan de la gestión de la logística, no solo desde su concepción sino de manera transversal, cubriendo los vacíos estructurales que se generan por la desarticulación de estos y su conexión con la operatividad de los modelos de transporte y distribución.

La configuración de los modelos económicos, el acceso cada vez más rápido a la información, la conectividad y la agilidad para medir el rendimiento, hacen necesaria la adición

de esquemas logísticos operacionales que se dirijan hacia el desarrollo de buenas prácticas, en la gestión y procesos, que se inscriben en este contexto.

El orden mundial, ofrece muchas oportunidades para los países en vía de desarrollo (CIVETS), al amparo de los tratados de libre comercio. Esto a su vez, requiere de un cambio estructural en la manera como se conciben, diseñan e implementan los modelos de gestión en los distintos niveles de la actividad económica y comercial.

Una de las estructuras que soporta el andamiaje del intercambio comercial en un entorno libre y globalizado, es la logística. Por otro lado, la gestión de la misma, debe considerar los aspectos operacionales y su incidencia sobre la eficiencia del transporte. Ya que esta componente junto con la infraestructura, representan en conjunto, importantes indicadores al momento de realizar transacciones de intercambio comercial. Así mismo el direccionamiento estratégico de las empresas, debe partir de un análisis muy detallado del contexto de negocio, donde el desempeño depende de la vista de la organización como un todo, por lo cual es casi imperativo, el conocimiento de los procesos y variables que están afectando de manera sustancial a las operaciones y sus flujos. Independientemente de su naturaleza, los esquemas organizados (ordenados) ofrecen una mayor flexibilidad para responder a los retos que suponen la globalización y la tendencia hacia mercados libres.

Por otro lado, responde a una visión estratégica de negocio, que sumada al aporte de la ingeniería e integración empresarial genere las respuestas más adecuadas a los retos competitivos que presentan los mercados globales a la vez que direccionan de manera efectiva los procesos para conseguir un mejoramiento en los indicadores de competitividad y logística de los servicios ofrecidos en la región Pacífico.

Finalmente, esta propuesta sienta las bases estructurales, sobre las cuales se puede extender la dinámica de los procesos colaborativos entre las empresas de transporte terrestre de carga por carretera.

En Colombia, hasta finales del siglo XIX, el medio de transporte más utilizado era a “lomo de mula”. Este particular modo de transporte era hasta ese momento la única alternativa para sortear los agrestes caminos de herradura, por donde se establecieron las rutas de intercambio comercial, desde su origen hasta su destino.

A nivel latinoamericano, el desarrollo del transporte de carga se realizó sobre las bases de los sistemas ferroviarios entre (finales del siglo XIX y comienzos del Siglo XX), dado que estos impulsaron el intercambio comercial, reduciendo los altos costos en los que se incurría con el uso de otros modos de transporte. Vale la pena aclarar que no todos los países de la región continuaron impulsando el crecimiento del transporte bajo este esquema.

La PYME es una de las organizaciones con mayor flexibilidad que se puede encontrar en el contexto industrial, muchas de las grandes economías en el mundo basan sus modelos económicos en el establecimiento de estas organizaciones, soportando gran parte del PIB en sectores estratégico; un ejemplo de ello es la economía alemana donde después de la segunda guerra mundial, se reconstruyó la economía con la articulación de organizaciones de todos los tamaños y contextos, esta configuración de la primera integración le otorgó a los bávaros su liderazgo competitivo en el sector metalmecánico, automotriz y otros. Por su parte en la economía de los EE. UU, se han destacado el crecimiento masivo de pequeñas empresas de informática que se ubicaron en el Silicon Valley y las cuales hoy son unas multinacionales de gran envergadura por ejemplo Apple.

En el caso de la industria de América Latina, economías como la chilena, han sustentado la conformación de programas de desarrollo sectorial PRODES, los cuales fueron traídos de Italia, cuyo modelo económico es en gran medida soportado por las PYME. Por otro lado, en Colombia estos programas fueron y son liderados por entidades como La Asociación de Micro, Pequeñas y Medianas Industrias ACOPI. Todo lo anterior permitió recopilar una gran información sobre los primeros pasos para la aplicación de conceptos posteriores como los Clúster.

En lo que se refiere en el contexto de la logística, en particular, abordada en el estudio del conjunto de actividades que se desarrollan sobre los flujos materiales, informativos, financieros y de retorno desde un origen hasta un destino con una visión sistémica e integrada, con el objetivo de brindar a los clientes internos o externos de la organización un servicio de calidad en el momento oportuno, con un mínimo de gastos (Bowersox, Closs, & Cooper, 2010).

Por lo tanto, es importante considerar gestión de los inventarios es uno de los temas más complejos en Logística. Uno de sus principales problemas es su administración, puesto que siempre hay demasiado de lo que no se vende o consume, y muchos productos agotados de lo que sí se vende, lo cual se debe a la falta de información precisa y oportuna sobre la demanda en el punto de consumo.

Por otro lado, es importante tener presente que la aplicación de un Sistema de Gestión de Inventarios es una de las alternativas más influyentes en el esfuerzo por reducir los costos y mejorar la eficiencia económica, debido a que de alguna manera incrementa los niveles de servicio al cliente, aumenta la liquidez y permite a las organizaciones estar prevenidas frente a las fluctuaciones de la demanda; manteniendo un óptimo nivel de seguridad y logrando mantener los inventarios necesarios del producto (Anderson & Sweeney, 2008).

La gestión de inventarios se asocia a un problema de toma de decisiones cuyas variables más significativas son: ¿cuánto producir o adquirir? y ¿cuándo pedir?, ya que reduciendo el inventario se minimiza la inversión, pero se corre el riesgo de no poder satisfacer la demanda y de obstaculizar las operaciones de la empresa. La gestión de inventarios permite determinar la cantidad de inventario del producto que debe mantenerse (Chase, J., & Jacobs, 2010).

Hay que considerar también que la gestión de inventarios es una actividad compleja, ya que para evaluarla no es posible tener en cuenta, de forma aislada, indicadores y parámetros determinados, pues solo con una integración de resultados es posible determinar el nivel en que se encuentra la empresa (Gómez & Acevedo, La Logística Moderna en la Empresa, vol. 1., 2007).

Un ejemplo concreto es el siguiente: una empresa con una alta rotación de inventarios pero una baja disponibilidad de productos, puede ser evaluada como eficiente; sin embargo, el servicio al cliente se ve afectado, lo cual constituye un factor clave en la gestión logística, cada parámetro depende de otros para lograr un nivel aceptable y si la empresa se concentra en optimizar uno de ellos, sin tener en cuenta el sistema de interrelaciones, puede afectar el resultado global de lograr alta competitividad. Debe tenerse en cuenta que el inventario es dinero inmovilizado y afecta directamente la liquidez de la empresa, por lo que si no se maneja bien puede afectar toda una organización.

De acuerdo con lo anterior, es importante también tener en cuenta que diferentes compañías llevan a cabo actividades de logística dentro de sus tareas diarias como actividades de movimiento y almacenamiento, sin embargo, no tiene una definición clara de esta. Según (Ballou, 2004), la logística es una parte de la cadena de suministros que se encarga de planificar,

llevar a cabo y controlar el flujo, la información y el almacenamiento de bienes y servicios desde el punto de origen hasta el punto de consumo para satisfacer las necesidades de los clientes.

Bajo la ampliación de las actividades de la logística surge el concepto de gestión de la cadena de suministro, el cual redefine su radio de acción o cobertura, la tarea de la gestión de la cadena de suministro incluye proveedores, operadores y clientes, que deben ser vistos como un optimizador e integrador de estrategias y tácticas, para la toma de decisiones sobre las áreas funcionales de las empresas (cantidad y lugar de producción, cantidad y desde qué sucursal despachar a qué cliente, entre otros).

Según (Krajewski, 2013), la administración de inventarios se refiere a la planificación y control de los inventarios para mantener la cantidad adecuada para que la empresa alcance sus prioridades competitivas de la forma más eficiente, importante para lograr el pleno potencial de toda cadena de valor. Para esto se requiere de información sobre las demandas esperadas, las cantidades de inventario disponibles y en proceso de pedido, entre otros.

Los inventarios requieren de inversión por lo que demasiado inventario disponible reduce la rentabilidad y demasiado poco daña la confianza del cliente. La principal razón para tener inventarios bajos es que este representa una inversión monetaria. Esto se debe a que se incurre en los siguientes costos:

- Costo de capital: es el costo de oportunidad de invertir en un activo en relación con el rendimiento esperado de los activos que tienen riesgo similar.
- Costos de almacenamiento y manejo: Cuando la empresa alquila espacio o cuando podría usar productivamente ese espacio.

- Impuestos, seguros y mermas: Se pagan más impuestos cuando los inventarios son altos y el costo de asegurar también aumenta. Las mermas pueden ser por robo de inventario, obsolescencia o deterioro.

Los motivos para mantener inventarios altos son:

- Servicio al cliente: Se puede acelerar las entregas y mejorar en el reparto de mercancías. Los niveles altos de inventario reducen las posibilidades de que existan desabastos que representa una pérdida de una venta o pedidos aplazados donde usualmente los clientes reciben descuentos por no atenderlos en la fecha establecida.
- Costo de preparación: Este costo se incurre al ajustar una máquina para que produzca un artículo diferente al que se ha fabricado anteriormente. Esto involucra tanto el tiempo como mano de obra en hacer las modificaciones.
- Costo de transporte: Contar con inventario disponible permite realizar más embarques con cargas completas y ya no se tendrá que acelerar los embarques utilizando otros medios de transporte más costosos.
- Pagos a proveedores: Se puede reducir el total de los pagos a proveedores si se puede soportar niveles altos de inventario ante posibles alzas de precios, también se puede aprovechar los descuentos por cantidad.

Clasificación de inventarios por cantidad – valor

Según (Heizer, 2001), el análisis ABC sirve para clasificar los artículos del inventario en tres grupos en base a la representación de su volumen anual en unidades monetarias de un

artículo en relación a los demás artículos. Lo que se busca con este sistema, es que la gerencia pueda enfocar su atención en aquellos productos que tengan una mayor representación monetaria para la empresa.

El principio en el cual se basa el análisis ABC es el de Pareto. De esta manera se tendrá que un 20% de los artículos del inventario pueden llegar a representar un 80% del valor del inventario que son los artículos clase A, los artículos clase B representan un 30% del total y corresponde al 15% del valor, y de manera análoga tendrá que el 50% de los artículos tan solo representan el 5% del valor del inventario que son los artículos de tipo C.

Lote económico de compra

La teoría del lote económico de compra indica que existe una cantidad de productos que minimiza los costos de emitir órdenes de compra y mantiene inventarios suficientemente bajos para evitar los costos por exceso de inventario. (Krajewski, 2013) Indica que el modelo del lote económico supone que la tasa de demanda o consumo y los tiempos de entrega son conocidos y constantes, por lo tanto, no hay roturas de stocks.

6. Metodología propuesta

Teniendo un enfoque del todo aunado con los fundamentos adquiridos durante el curso de esta carrera, se desarrolla un estudio en el que se caracteriza documentalmente los estudios realizados por autores nacionales e internacionales que tocan de manera directa e indirecta los modelos de gestión de inventarios desarrollados con herramientas de simulación, los datos obtenidos como materia prima del producto final están basados en paradigmas cuantitativos donde el paso a paso utilizado tuvo variables de esta naturaleza.

Se efectuó un trabajo de observación en las instalaciones de la empresa seleccionada debido a la cercanía de uno de los autores (practicante de ingeniería industrial), además con la información recolectada, se procede a analizarla mediante herramientas como el análisis de Pareto. Por último, se establece un trabajo analítico que permite la descomposición de la problemática en una perspectiva de causas y efectos, así como la incidencia de las alternativas de solución en el resultado final.

Lo anterior permite establecer conclusiones validas que permitan recrear una situación represente la realidad de las operaciones de la empresa, estableciendo recomendaciones que afecten de manera directa en los servicios prestados por la empresa. Con la caracterización inicial del proceso se procederá a realizar la simulación del modelo actual de gestión de inventarios, establecer la optimización de la función de nivel de servicio y el planteamiento de diversos escenarios de prueba. La simulación se realiza con el software Arena ® Versión 14.0. A continuación se denota la matriz metodológica utilizada para la realización del este proyecto.

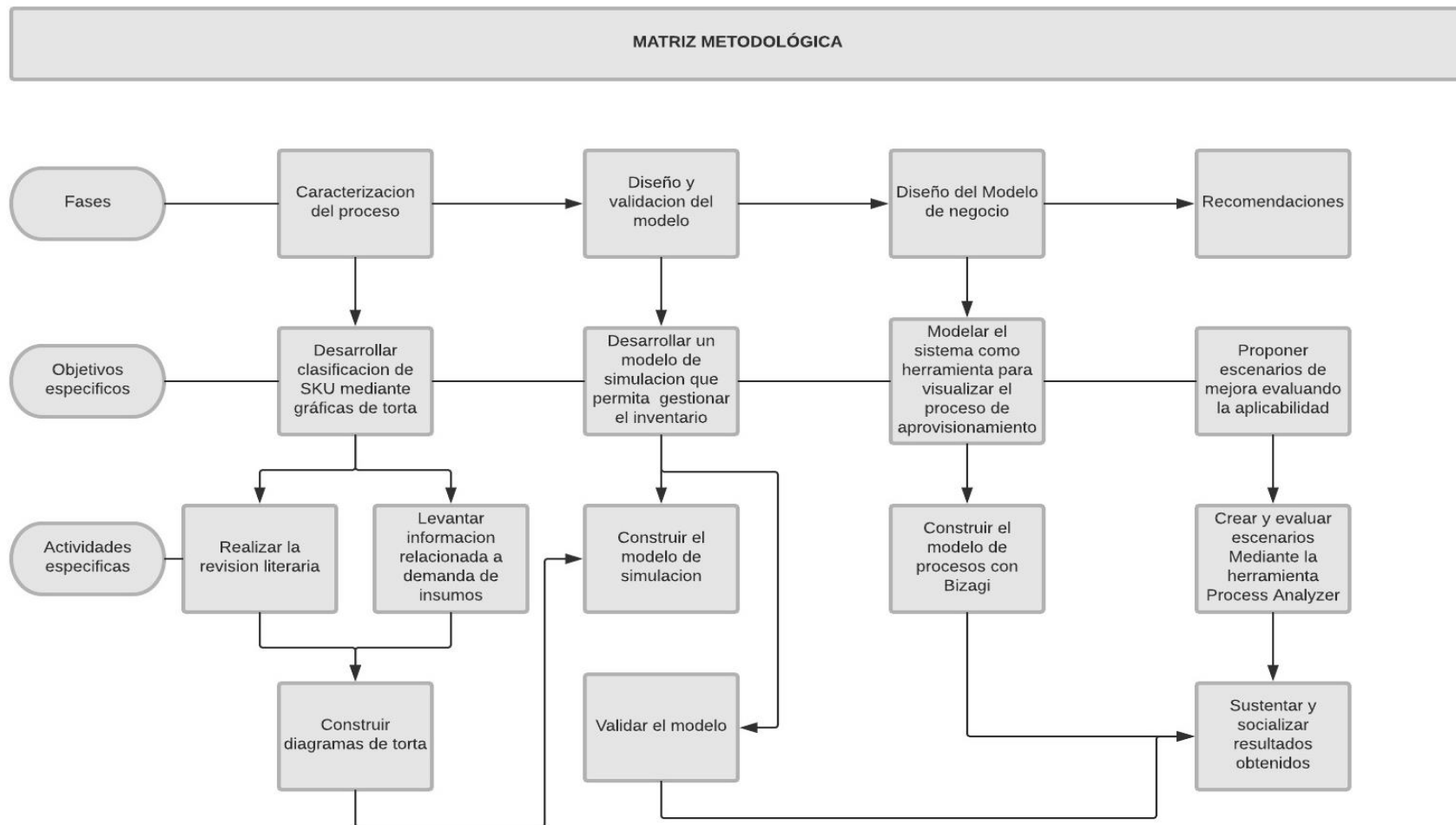


Figura 3 Matriz metodológica

Elaborado por: (Carvajal Tinoco & Valencia Quintero, 2017)

7. Desarrollo

7.1. Caracterización del comportamiento de los SKU dentro de las operaciones de la empresa.

Como preámbulo para el diseño del modelo de simulación que gestionara el inventario de la empresa Goval de Colombia S.A, es necesario caracterizar lo que se conoce como variables de entrada en el modelo a saber, la demanda de cada tipo de insumo consumido por la empresa en sus operaciones cotidianas, además de contemplar de manera gráfica la rotación de las referencias pertenecientes a cada familia de insumos.

Tabla 1

Consolidado de referencias para tubería de cobre.

Periodo	2016	Clasificación por Demanda		
Familia: tubería de cobre	Cantidades	Unidad	% participación por unidades	% acumulado
Tubería de Cobre 3/8	32	metros	8,67%	8,67%
Tubería de Cobre 1/2	57	metros	15,45%	24,12%
Tubería de Cobre 1/4	79	metros	21,41%	45,53%
Tubería de Cobre 5/8	103	metros	27,91%	73,44%
Tubería de Cobre 7/8" L	18	metros	4,88%	78,32%
Tubería de Cobre 1-3/8" L	80	metros	21,68%	100,00%
Total	369	metros		

Nota: La tabla anterior representa el comportamiento de la demanda para el año 2016 de la tubería de cobre dentro de las operaciones de la empresa. Fuente: Goval S.A.S

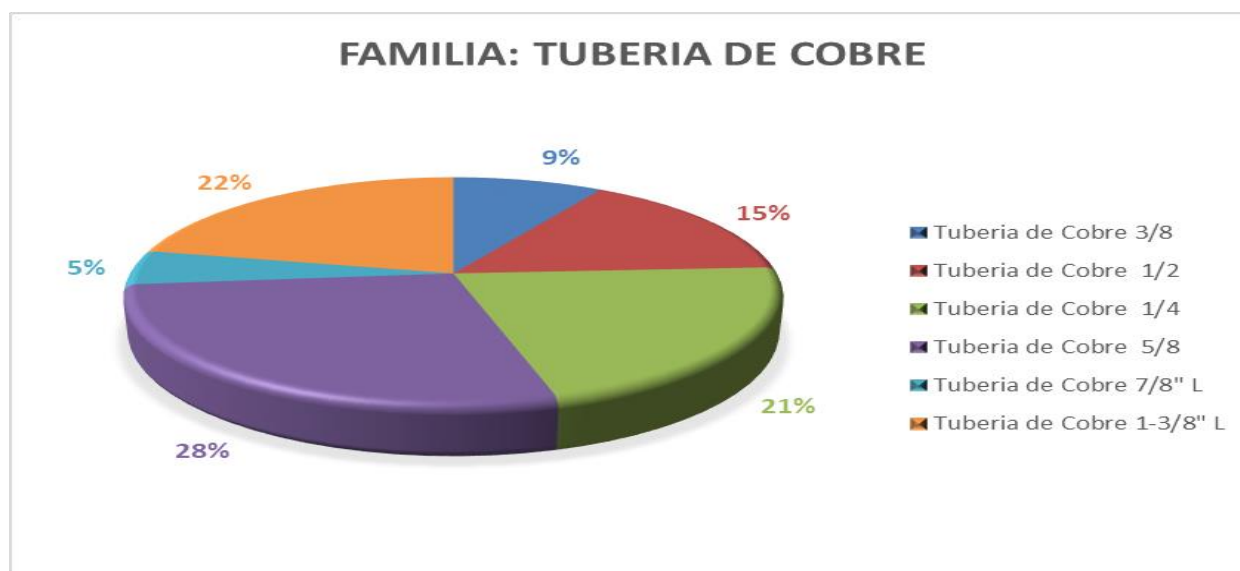


Figura 4 Distribución de referencias dentro de la familia de tubería de cobre.

Elaborado y concebido por los autores

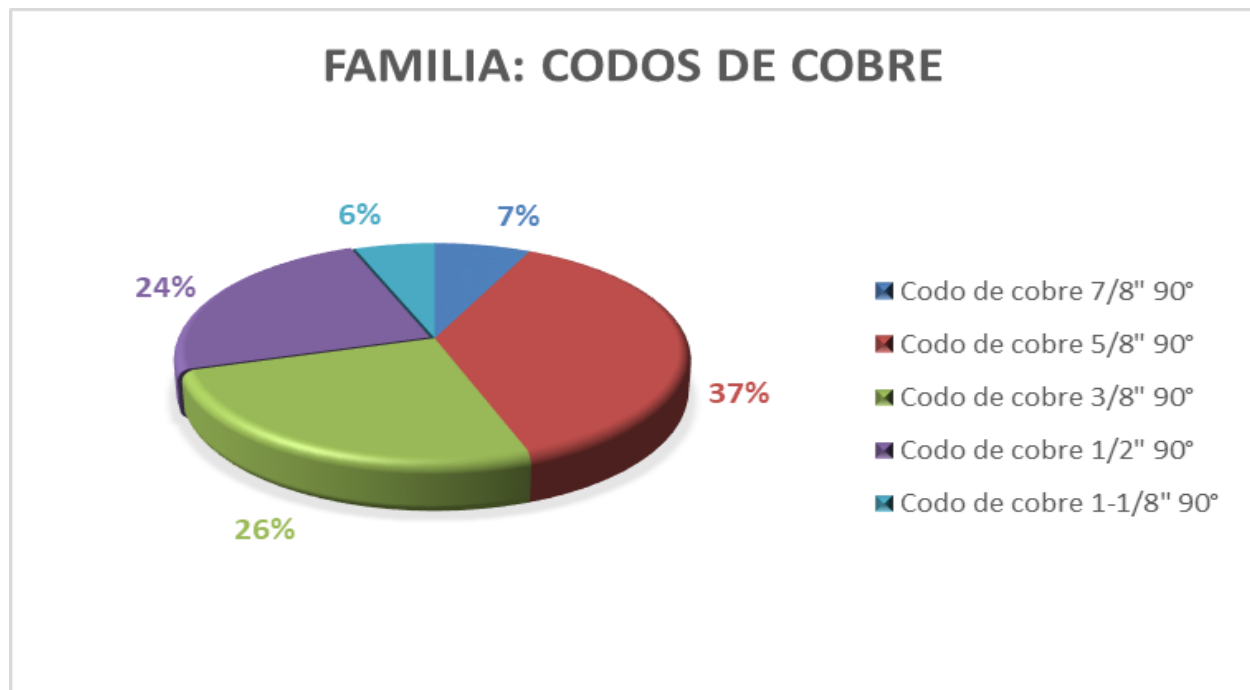
En la figura 4 se muestra la distribución de la familia de tubería de cobre en las referencias manejadas por la compañía, la cual permite evaluar el porcentaje de rotación de cada una dentro de la familia antes mencionada.

Tabla 2

Consolidado de referencias para codos de cobre.

Periodo	2016	Clasificación por Demanda		
			% participación por unidades	% acumulado
Familia: codos de cobre	Cantidades	Unidad		
Codo de cobre 7/8" 90°	18	Unidad	7,03%	7,03%
Codo de cobre 5/8" 90°	96	Unidad	37,50%	44,53%
Codo de cobre 3/8" 90°	66	Unidad	25,78%	70,31%
Codo de cobre 1/2" 90°	61	Unidad	23,83%	94,14%
Codo de cobre 1-1/8" 90°	15	Unidad	5,86%	100,00%
Total	256	Unidad		

Nota: La tabla anterior representa el comportamiento de la demanda para el año 2016 de los codos de cobre dentro de las operaciones de la empresa Fuente Goval S.A.S



*Figura 5 Distribución de referencias dentro de la familia codo de cobre.
Elaborado y concebido por los autores*

En la figura 5 se muestra la distribución de la familia de codos de cobre en las referencias manejadas por la compañía, la cual permite evaluar el porcentaje de rotación de cada una dentro de la familia antes mencionada.

Tabla 3

Consolidado de referencias para refrigerantes.

Periodo	2016	Clasificación por demanda		
Familia: refrigerantes	Cantidades	Unidad	% participación por unidades	% acumulado
Refrigerante R-22 x lb	1210	Libra	68,13%	68,13%
Refrigerante R-410a x lb	566	Libra	31,87%	100,00%
Total	1776	Libra		

Nota: La tabla anterior representa el comportamiento de la demanda para el año 2016 de los gases refrigerantes dentro de las operaciones de la empresa. Fuente: Goval S.A.S

La familia de refrigerantes para la compañía está compuesta por dos referencias, R-22 y R-410a, siendo el primero el que más rotación tiene dentro de las operaciones de la empresa, teniendo en cuenta también que en el futuro dicha demanda tendera a cero, debido a que el R410a funge como reemplazo de este tipo de refrigerante.

Tabla 4

Consolidado de referencias para gas butano

Periodo	2016	Clasificación por demanda		
Familia: gas maap/butano	Cantidades	Unidad	% participación por unidades	% acumulado
Gas butano/maap	134	Unidad	100,00%	100,00%
Total	134	Unidad		

Nota: La tabla anterior representa el comportamiento de la demanda para el año 2016 del gas butano dentro de las operaciones de la empresa. Fuente: Goval S.A.S

Tabla 5

Consolidado de referencias para aislamiento

Periodo	2016	Clasificación por Demanda		
Familia: aislamiento	Cantidades	Unidad	% Participación por unidades	% acumulado
Aislamiento 7/8"	35	Rollo	8,35%	8,35%
Aislamiento 3/8"	92	Tira	21,96%	30,31%
Aislamiento 5/8"	118	Tira	28,16%	58,47%
Aislamiento 1/2"	80	Tira	19,09%	77,57%
Cinta Rubatex 1/8"x 2"	94	Tira	22,43%	100,00%
Total	419			

Nota: La tabla anterior representa el comportamiento de la demanda para el año 2016 del aislamiento dentro de las operaciones de la empresa. Fuente: Goval S.A.S

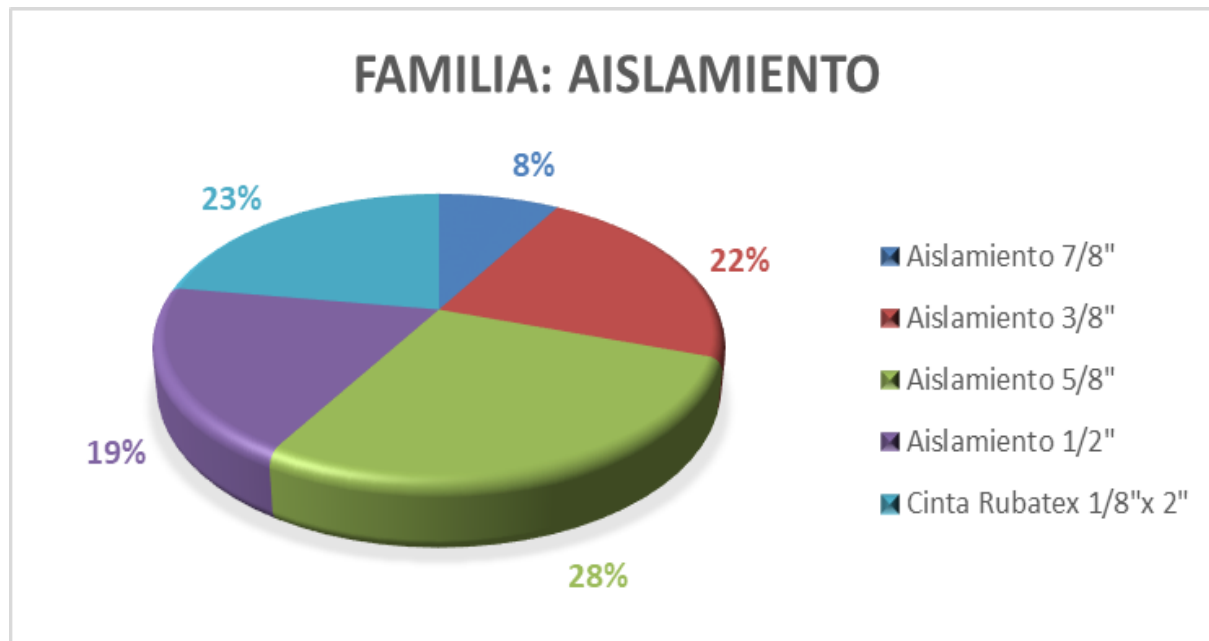


Figura 6 Distribución de referencias dentro de la familia aislamiento.

Elaborado y concebido por los autores

En la figura 6 se muestra la distribución de la familia de aislamiento en las referencias manejadas por la compañía, la cual permite evaluar el porcentaje de rotación de cada una dentro de la familia antes mencionada.

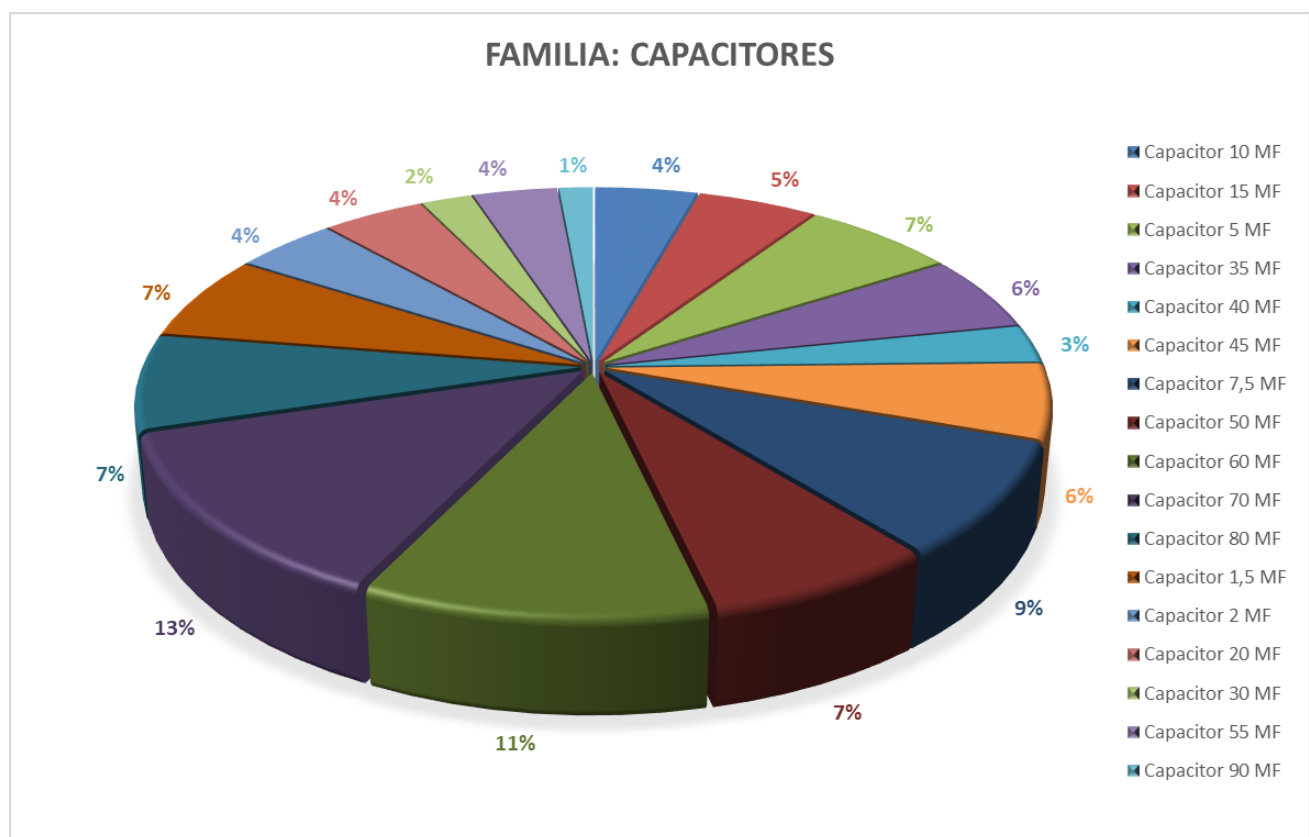
Tabla 6

Consolidado de referencias para capacitores.

Periodo	2016	Clasificación por Demanda		
	Cantidades	Unidad	% participación por unidades	% acumulado
Familia: capacitores				
Capacitor 10 MF	6	Unidad	4,35%	4,35%
Capacitor 15 MF	7	Unidad	5,07%	9,42%
Capacitor 5 MF	9	Unidad	6,52%	15,94%
Capacitor 35 MF	8	Unidad	5,80%	21,74%
Capacitor 40 MF	4	Unidad	2,90%	24,64%
Capacitor 45 MF	8	Unidad	5,80%	30,43%
Capacitor 7,5 MF	12	Unidad	8,70%	39,13%
Capacitor 50 MF	10	Unidad	7,25%	46,38%

Capacitor 60 MF	15	Unidad	10,87%	57,25%
Capacitor 70 MF	18	Unidad	13,04%	70,29%
Capacitor 80 MF	10	Unidad	7,25%	77,54%
Capacitor 1,5 MF	9	Unidad	6,52%	84,06%
Capacitor 2 MF	6	Unidad	4,35%	88,41%
Capacitor 20 MF	6	Unidad	4,35%	92,75%
Capacitor 30 MF	3	Unidad	2,17%	94,93%
Capacitor 55 MF	5	Unidad	3,62%	98,55%
Capacitor 90 MF	2	Unidad	1,45%	100,00%
Total	138	Unidad		

Nota: La tabla anterior representa el comportamiento de la demanda para el año 2016 de capacitores dentro de las operaciones de la empresa. Fuente: Goval S.A.S



*Figura 7 Distribución de referencias dentro de la familia capacitores
Elaborado y concebido por los autores*

En la figura 7 se muestra la distribución de la familia de capacitores en las referencias manejadas por la compañía, la cual permite evaluar el porcentaje de rotación de cada una dentro de la familia antes mencionada.

Tabla 7

Consolidado de referencias para soldadura de plata.

Periodo	2016		Clasificación por demanda	
Familia: soldadura de plata	Cantidades	Unidad	% participación por unidades	% acumulado
Soldadura de plata 0%	295	Varilla	100,00%	100,00%
Total	295	Varilla		

Nota: La tabla anterior representa el comportamiento de la demanda para el año 2016 de soldadura de plata dentro de las operaciones de la empresa. Fuente: Goval S.A.S

7.2. Modelo de simulación para la gestión de aprovisionamiento en la empresa Goval de Colombia S.A.S

Para el diseño del modelo de simulación se construye un modelo conceptual en el cual se plasma la información que se utilizara en el modelo ejecutado en el software Arena.

A la empresa Aire Plus, unidad de negocio de Goval de Colombia S.A.S, llegan ordenes de pedidos (solicitudes de instalaciones y mantenimientos correctivos de aires acondicionados), de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 8

Tiempos entre llegadas de pedidos en días

Tiempos entre llegadas de pedidos (Días)				
1,76	1,63	1,51	1,46	1,53
1,83	1,72	1,63	1,30	1,52
1,72	1,74	1,45	1,45	1,42

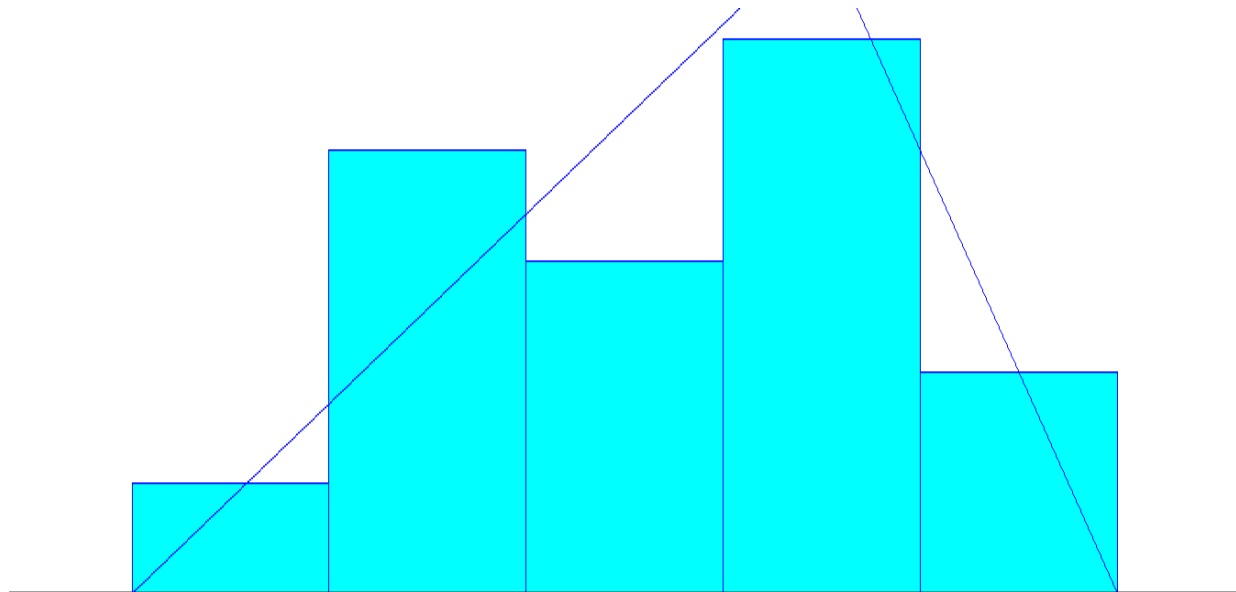
Nota: muestra de tiempos entre arribos en días de pedidos. Fuente: Goval de Colombia S.A.S

La información es tomada con una muestra inicial de 15 observaciones, aplicando la

formula $n = \left(\frac{40 * \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$, donde n' representa el tamaño de muestra inicial, x

representa el valor de las observaciones, el tamaño de muestra obtenido con esta información es 13.95, como es menor a n' (15), se infiere que la muestra tomada es representativa.

Utilizando la herramienta input analyzer de arena se concluye que la tasa de llegada de pedidos se comporta como una distribución **TRIA (1.24, 1.69, 1.89)**.



*Figura 8 Distribución de los tiempos entre arribos de los pedidos
Elaborado y concebido por los autores*

Por información suministrada por la empresa, se tiene que diariamente pueden llegar 1, 2, 3, 4, 5 pedidos con las siguientes probabilidades.

Tabla 9

Cantidad de pedidos que llegan

Cantidad de pedidos	Probabilidad
1	63%
2	23%
3	9%
4	3%
5	2%

Nota: cantidad de pedidos que llegan a la compañía cada vez que hay un arribo. Fuente: Goval de Colombia S.A.S

Los pedidos pueden ser de dos tipos, los cuales tienen sub-tipos de servicios a saber:

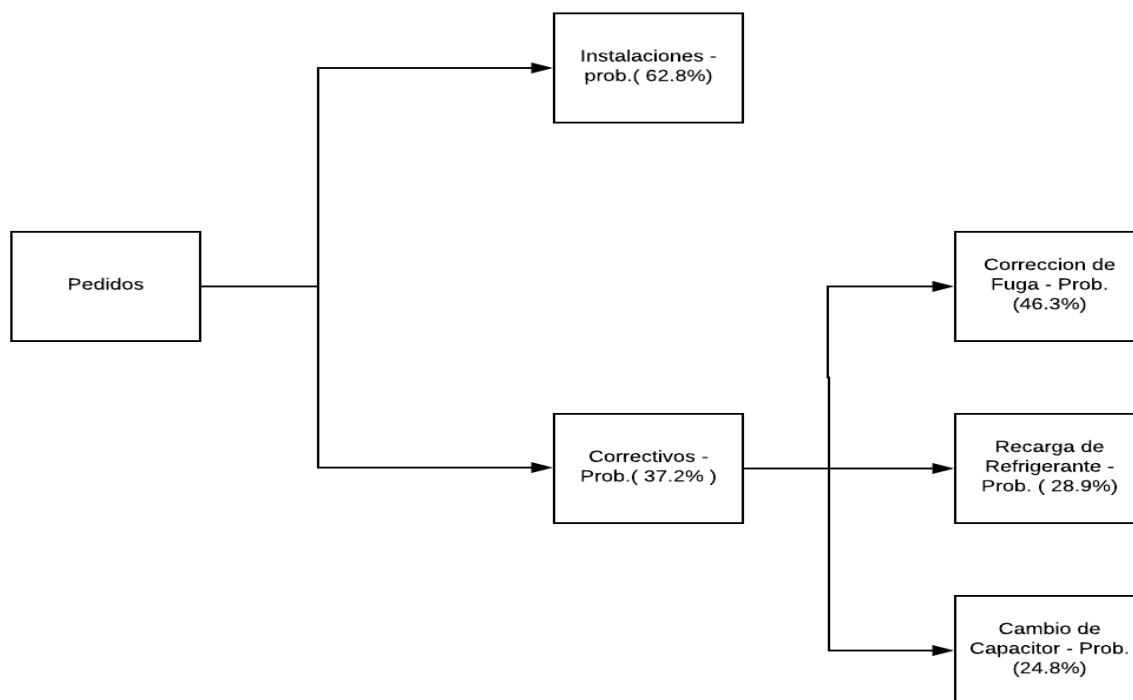


Figura 9 Probabilidad de ocurrencia de cada tipo de pedido

Elaborado y concebido por los autores

Para cada sub-tipo de pedidos hay 6 clases de equipos de acondicionamiento de aire para los cuales se debe atender los servicios solicitados. Los equipos se relacionan a continuación:

- **Instalaciones**

Tabla 10

Probabilidad de solicitud de instalación según tipo de equipo

Tipo de Equipo	Probabilidad (%)
Mini Split 9000 Btu	17%
Mini Split 12000 Btu	43%
Mini Split 18000 Btu	22%
Mini Split 24000 Btu	3%
Casete 36000 Btu	9%
Central 48000 Btu	6%

Nota: se observa la probabilidad de que un servicio de instalación corresponda a uno de los 6 tipos de equipos antes mencionados. Elaborado y concebido por los autores

- **Correctivos**

- **Corrección de Fuga**

Tabla 11

Probabilidad de solicitud de corrección fuga según tipo de equipo

Tipo de Equipo	Probabilidad (%)
Mini Split 9000 Btu	10%
Mini Split 12000 Btu	5%
Mini Split 18000 Btu	15%
Mini Split 24000 Btu	35%
Casete 36000 Btu	26%
Central 48000 Btu	7%

Nota: se observa la probabilidad de que un servicio de corrección de fuga corresponda a uno de los 6 tipos de equipos antes mencionados. Elaborado y concebido por los autores

- **Recarga de Refrigerante**

Tabla 12

Probabilidad de solicitud de recarga de refrigerante según tipo de equipo

Tipo de Equipo	Probabilidad (%)
Mini Split 9000 Btu	17%
Mini Split 12000 Btu	8%
Mini Split 18000 Btu	14%
Mini Split 24000 Btu	7%
Casete 36000 Btu	12%
Central 48000 Btu	42%

Nota: se observa la probabilidad de que un servicio de recarga de refrigerante corresponda a uno de los 6 tipos de equipos antes mencionados. Elaborado y concebido por los autores

○ **Cambio de Capacitor**

Tabla 13

Probabilidad de solicitud de cambio capacitor según tipo de equipo

Tipo de Equipo	Probabilidad (%)
Mini Split 9000 Btu	2%
Mini Split 12000 Btu	7%
Mini Split 18000 Btu	5%
Mini Split 24000 Btu	14%
Casete 36000 Btu	32%
Central 48000 Btu	40%

Nota: se observa la probabilidad de que un servicio de recarga de refrigerante corresponda a uno de los 6 tipos de equipos antes mencionados. Elaborado y concebido por los autores

Los insumos requeridos para cada tipo de servicio son los siguientes

Tabla 14

Insumos requeridos para cada tipo de servicio

Tipo de servicio	Tubería de cobre	Codo de cobre	Refrig.	Butano	Aislam.	Capacitor	Soldadura de Plata
Instalación	x	x		x	x		x
Corrección de Fuga			x	x			x
Recarga de Refrigerante			x				
Cambio de capacitor				x		x	x

Nota: se observa los insumos requeridos para cada uno de los tipos de servicios ofrecidos por la compañía. Elaborado y concebido por los autores

Las cantidades de recursos cambian de acuerdo al tipo de equipo intervenido, los recursos utilizados de acuerdo al tipo de equipo para instalaciones son:

- **Instalaciones**

Tabla 15

Cantidades de recurso utilizado para instalaciones según tipo de equipo

Tipo de Equipo	Tubería de cobre	Codo de cobre	Butano	Aislamiento	Soldadura de Plata
Mini Split 9000 Btu	4	3	1	2	3
Mini Split 12000 Btu	4	3	1	2	3
Mini Split 18000 Btu	6	4	1	3	4
Mini Split 24000 Btu	6	4	1	3	4
Casete 36000 Btu	8	2	2	4	5
Central 48000 Btu	2	2	1	1	1

Nota: se observa la cantidad de recurso necesario para la atención de una instalación según el tipo de equipo intervenido. Elaborado y concebido por los autores

- **Correcciones de Fuga**

Tabla 16

Cantidades de recurso utilizado para corrección de fuga según tipo de equipo

Tipo de Equipo	Refrigerante	Butano	Soldadura de Plata
Mini Split 9000 Btu	0.2	1	1
Mini Split 12000 Btu	0.2	1	1
Mini Split 18000 Btu	0.3	1	1
Mini Split 24000 Btu	0.4	1	1
Casete 36000 Btu	0.3	1	1
Central 48000 Btu	0.3	1	1

Nota: se observa la cantidad de recurso necesario para la atención de una corrección de fuga según el tipo de equipo intervenido. Elaborado y concebido por los autores

- **Recarga de refrigerante**

Tabla 17

Cantidades de recurso utilizado para recarga de refrigerante según tipo de equipo

Tipo de Equipo	Refrigerante
Mini Split 9000 Btu	0.3
Mini Split 12000 Btu	0.3
Mini Split 18000 Btu	0.4
Mini Split 24000 Btu	0.6
Cassette 36000 Btu	1
Central 48000 Btu	0.7

Nota: se observa la cantidad de recurso necesario para la atención de una recarga de refrigerante según el tipo de equipo intervenido. Elaborado y concebido por los autores

- **Cambio de Capacitor**

Tabla 18

Cantidades de recurso utilizado para cambio de capacitor según tipo de equipo

Tipo de Equipo	Capacitor	Butano	Soldadura de Plata
Mini Split 9000 Btu	2	1	1
Mini Split 12000 Btu	2	1	1
Mini Split 18000 Btu	2	1	1
Mini Split 24000 Btu	2	1	1
Cassette 36000 Btu	2	1	1
Central 48000 Btu	2	1	1

Nota: se observa la cantidad de recurso necesario para la atención de un cambio de capacitor según el tipo de equipo intervenido. Elaborado y concebido por los autores

Se determina que, si no hay disponibilidad de al menos uno de los insumos requeridos para el cumplimiento del pedido, este se considera como venta perdida. Se desea establecer una política que permita determinar cuándo y cuánto pedir de cada insumo para aumentando el nivel de servicio, mejorando la rentabilidad de la empresa.

Construcción de ecuaciones de gestión de inventarios.

Teniendo como base el concepto de que el inventario es considerado como el método de contingencia que tienen las empresas para amortiguar las diferencias que se presentan entre la

oferta y la demanda, se diseña el conjunto de ecuaciones que permitirán la optimización de los costos de inventario, utilizando el método propuesto por (Zapata Cortes, 2014), se establecen parámetros que permiten disminuir la función de costos en un modelo de aprovisionamiento e inventarios.

Los parámetros obtenidos para la función de costos están dados por:

Tabla 19

Parámetros para función de costos de inventario

	TC	CC	Refrig.	Aislam.	Butano	Capacitor	Soldadura
Costo de ordenar¹				\$ 6.333.0			
%				14.250 %			
Almacenamiento							
Costo de adquisición	\$ 8.711	\$ 4.400	\$ 9.540	\$ 5.600	\$ 24.000	\$ 7.747	\$ 900

Nota: Se relacionan los parámetros necesarios para costear un modelo de aprovisionamiento

Las variables de control están dadas por las cantidades abastecimiento de cada insumo a saber:

$$\{Cant_{TC}; Cant_{cc}; Cant_{refrig}; Cant_{Ais}; Cant_{But}; Cant_{Cap}; Cant_{sold}; SS_{TC}; SS_{CC}; SS_{Refig}; SS_{Ais}; SS_{But}; SS_{Cap}; SS_{sold}\}$$

las variables de respuesta consideradas fueron, nivel de servicio, inventario promedio y número de pedidos por año, la ecuación para el nivel de servicio es:

$$NS = \frac{Pedidos\ entregados}{pedidos\ entregados + pedidos\ perdidos + 0.0001} * 100$$

La función de costos utilizada para el modelo de inventarios está basada en el método EOQ:

Representa el 1% de los costos fijos operativos sumado al costo de mano de obra por 20 minutos (realización de orden de compra), el % utilizado para el costeo de pedido es suministrado por la empresa

$$C_T = C_{man} + C_{ord}$$

$$C_{man} = \sum_{i=1}^I C^{Ped} N_i$$

$$C_{ord} = h \sum_{i=1}^I \frac{C_i Q_i}{2}$$

Donde el C^{ped} , representa el costo de realizar un pedido, C_i , representa el costo unitario de la referencia i , N_i , es la frecuencia de pedidos anual de cada una de las referencias analizadas, Q_i , son las cantidades de pedido de cada una de las referencias (variable de control)

$$C_{man} = \{6333 * [(N_{TC}) + N_{CC} + N_{Refrig} + N_{Ais} + N_{But} + N_{Sold}]\}$$

$$C_{ord} = \left\{ 0.1425 * \left[\left(8711 * \frac{Cant_{TC}}{2} \right) + \left(4400 * \frac{Cant_{CC}}{2} \right) + \left(9540 * \frac{Cant_{Refrig}}{2} \right) + \left(5600 * \frac{Cant_{ais}}{2} \right) + \left(24000 * \frac{Cant_{But}}{2} \right) + \left(900 * \frac{Cant_{sold}}{2} \right) \right] \right\}$$

Además, se establecen restricciones para el modelo entre las cuales se encuentran que el nivel de servicio promedio debe ser mayor al 95%, además el inventario promedio debe ser mayor al inventario de seguridad, calculado anteriormente

$$NS_{jk} \geq 0.95 \quad \begin{cases} 1 \leq j \leq 4 \\ 1 \leq k \leq 6 \end{cases}$$

El subíndice j representa el servicio ofrecido por la empresa, ya sea instalaciones, corrección de fuga, recarga de refrigerante y cambio de capacitor; el subíndice k representa al tipo de equipo al

cual se aplica el servicio antes descrito, a saber, Minisplits 9000 btu, 12000 btu, 18000 btu, 24000 btu, cassettes y centrales

Se define el tamaño de la simulación para un año de operaciones, el cálculo del número de réplicas viene dado por la siguiente formula:

$$n = \left(\frac{\sigma}{\varepsilon}\right)^2 * \frac{1}{\alpha}$$

Donde n, representa el número de réplicas a realizar, sigma representa la desviación estándar de la variable de respuesta seleccionada, épsilon representa el máximo error permisible al tratarse de una respuesta de tipo porcentual se selecciona un error máximo permisible de ± 0.01 , alfa representa el nivel de significancia estadística (0.05).

Aplicando la formula a los resultados obtenidos en la variable de respuesta nivel de servicio instalaciones, los resultados son los siguientes

$$n = \left(\frac{0.01}{0.01}\right)^2 * \frac{1}{0.05} = 20 \text{ réplicas}$$

Se tomaron los resultados del nivel de servicio de instalaciones, debido a que con relación a los resultados de todas las variables de respuesta presentaba mayor variabilidad.

A continuación, se presenta el modelo de simulación referente al proceso de aprovisionamiento de la empresa goval de Colombia S.A.S

La grafica del modelo de abastecimiento en el software Arena ®:

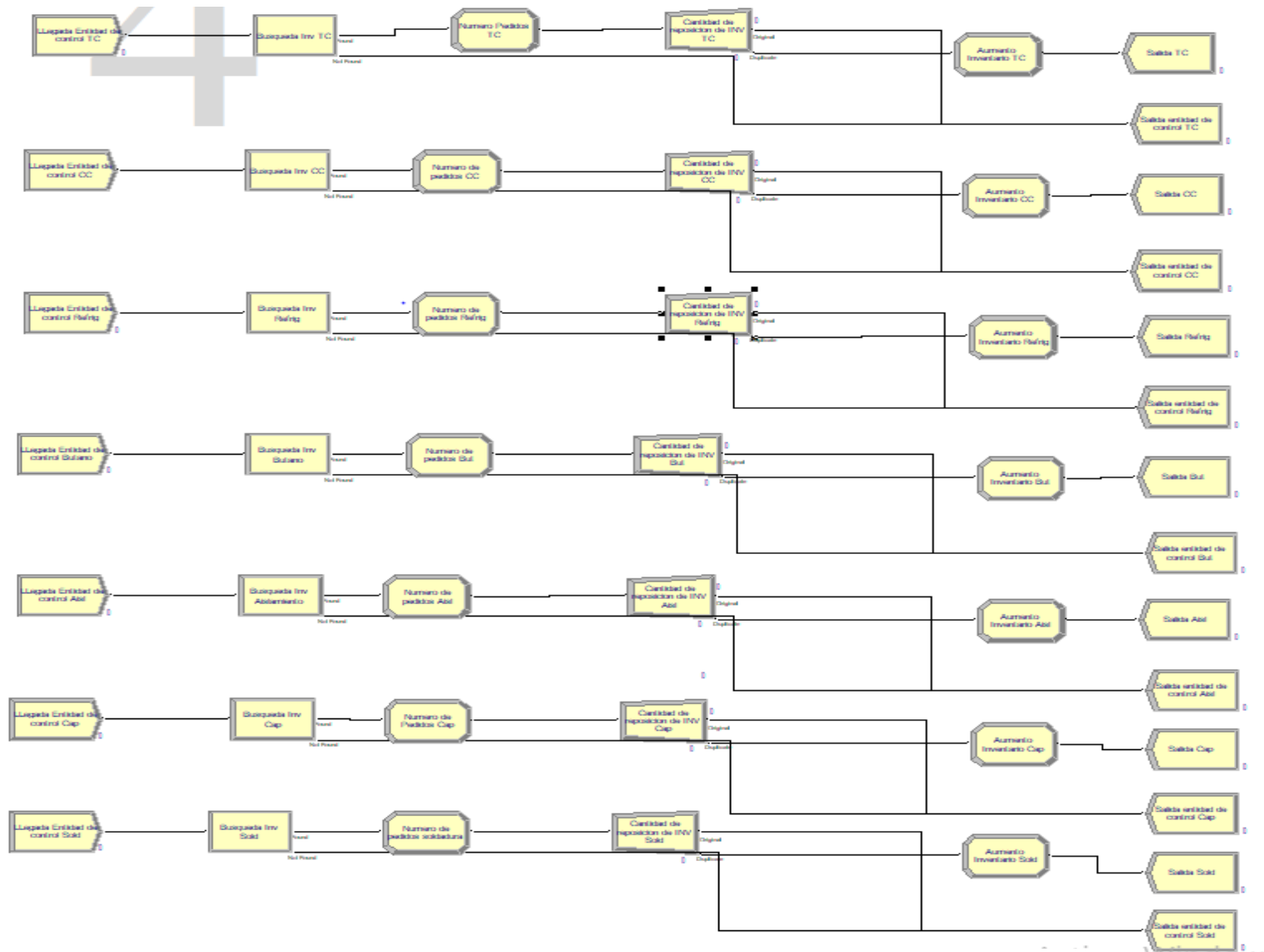


Figura 10 Sección de revisión y abastecimiento-modelo de simulación propuesto

En la figura 10 se observan la sección de aprovisionamiento basado en módulo de búsqueda que verifica que el nivel de inventario sea menor o igual al inventario de seguridad para realizar el pedido del insumo, aumentando el inventario en la cantidad definida por las variables de control antes mencionadas.

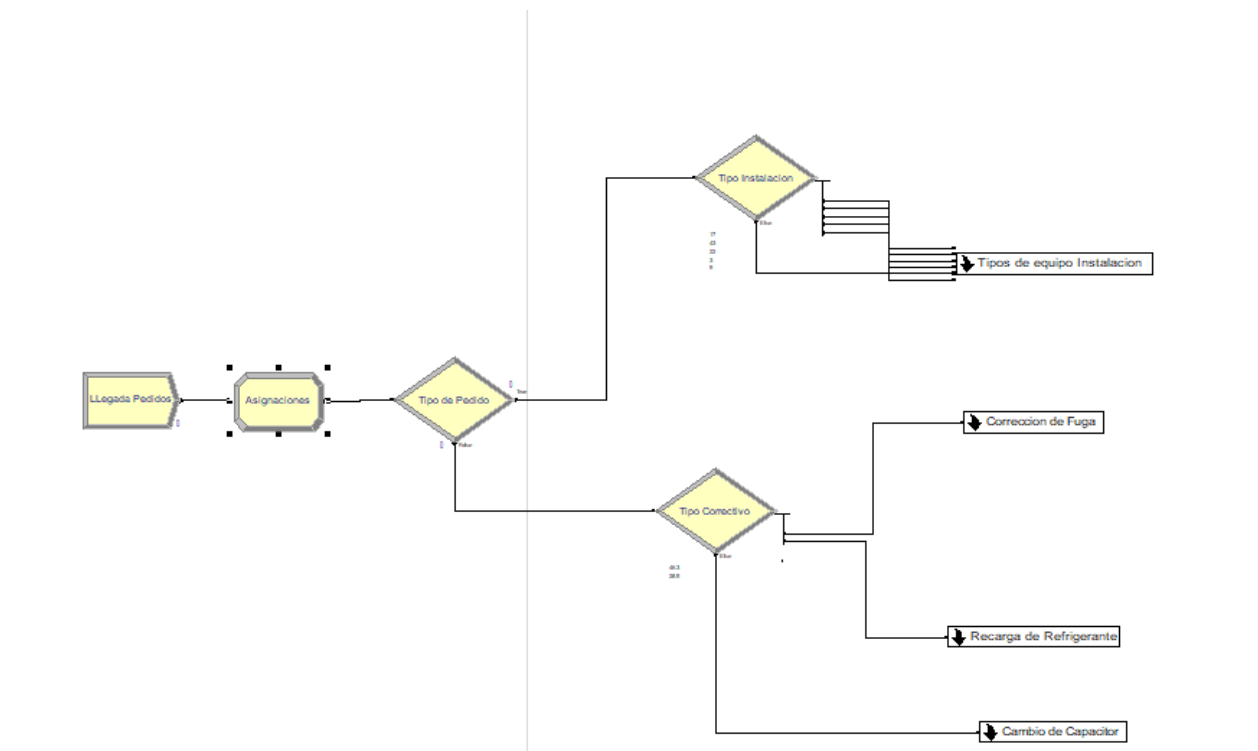


Figura 11 Sección de llegada de solicitudes de servicio

En la figura 11 se observan los módulos de llegada de pedido en los cuales se integran las solicitudes de pedidos con los módulos de abastecimiento (compras).

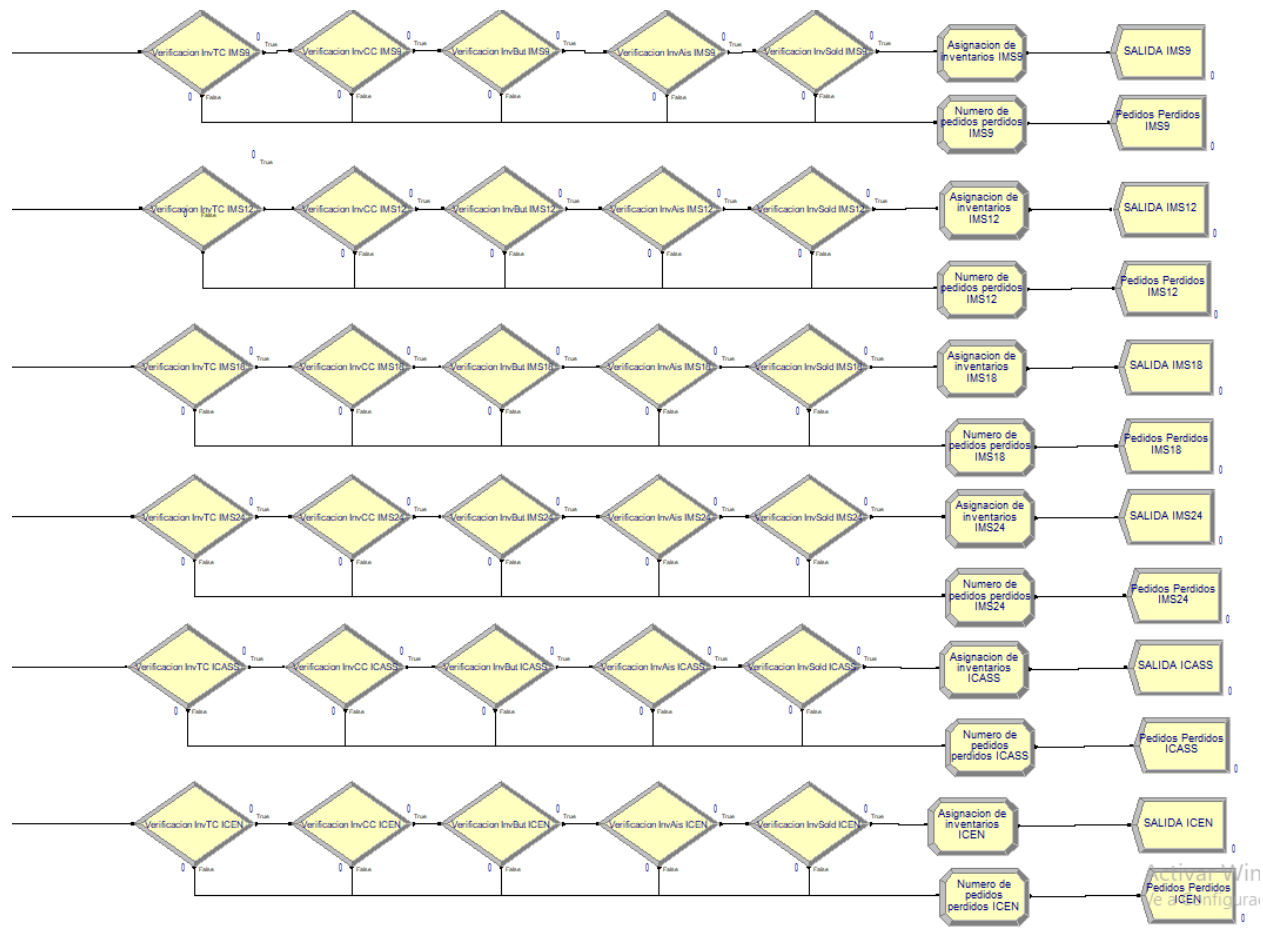


Figura 12 Sección de verificación de inventario para instalaciones

En la figura 12 se observa el proceso de verificación de insumos necesarios para una instalación según el tipo de equipo (Mini Split de 9,12,18,24, cassette o central), si existe un insumo que se encuentre por debajo de los requerimientos enunciados en la tabla 15, se considerará como un pedido perdido.

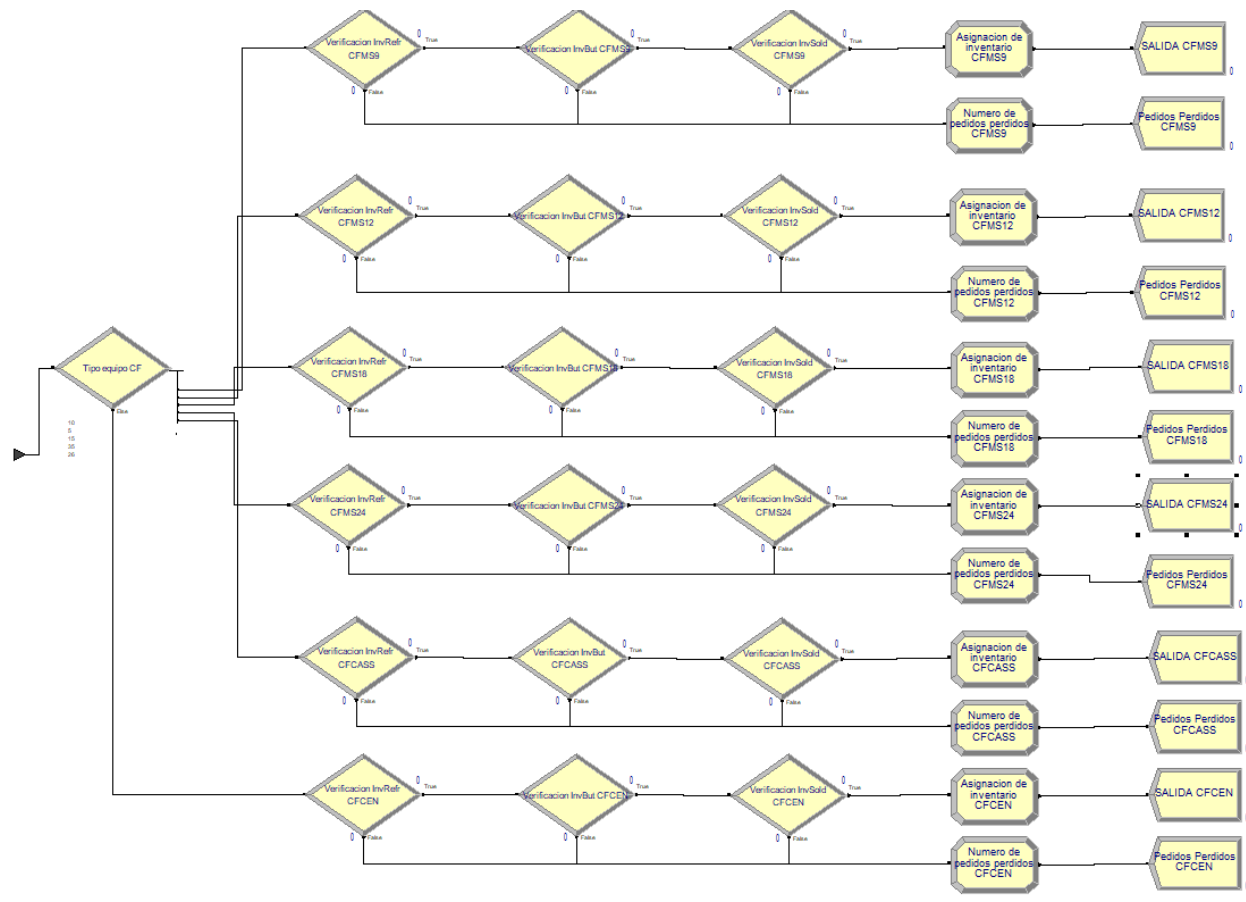


Figura 13 Sección de verificación de inventario para corrección de fuga

En la figura 13 se observa el proceso de verificación de insumos necesarios para una corrección de fuga según el tipo de equipo (Mini Split de 9,12,18,24, cassette o central), si existe un insumo que se encuentre por debajo de los requerimientos enunciados en la tabla 16, se considerará como un pedido perdido.

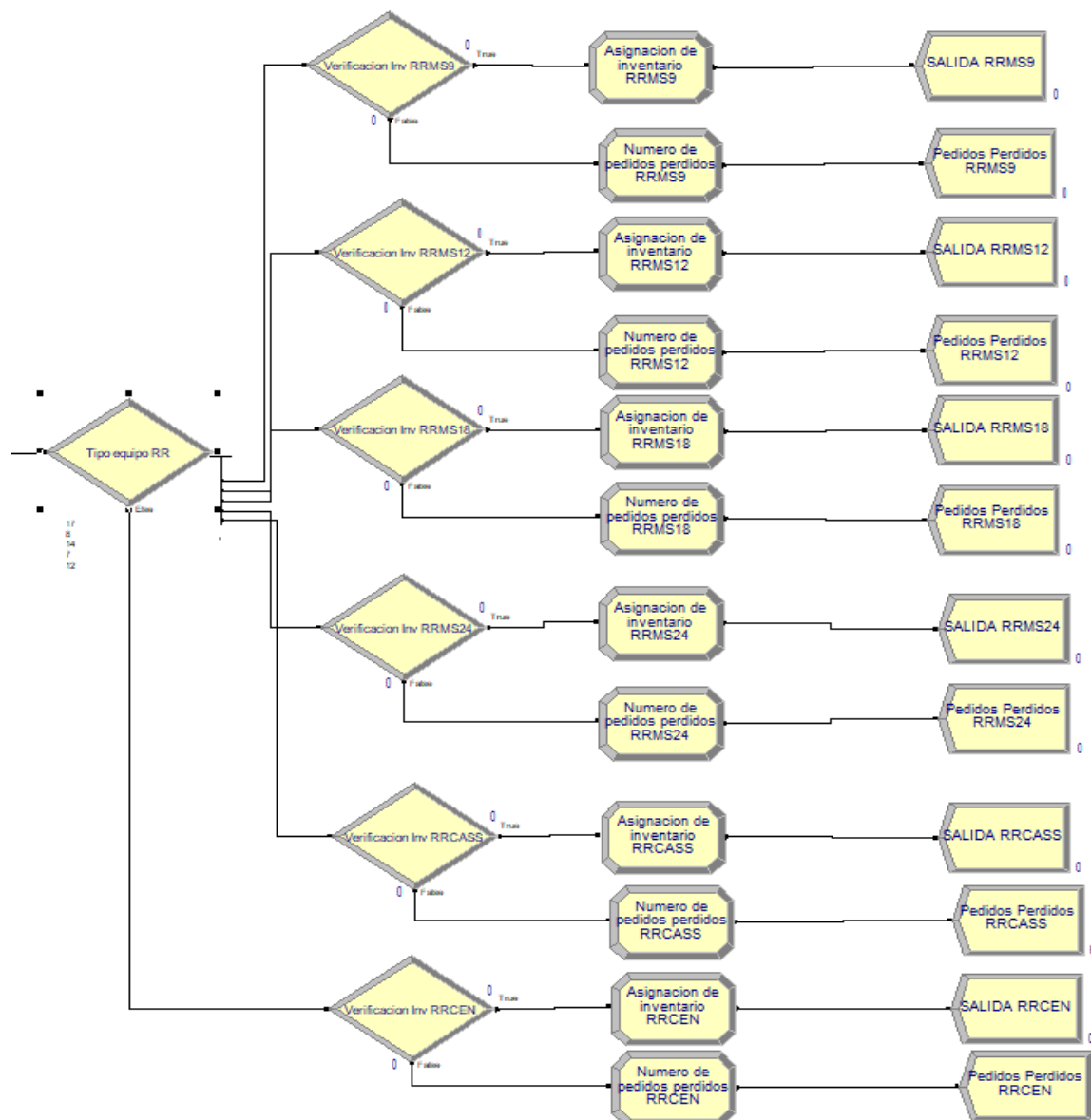


Figura 14 Sección de verificación de inventario para recarga de refrigerante

En la figura 14 se observa el proceso de verificación de insumos necesarios para una instalación según el tipo de equipo (Mini Split de 9,12,18,24, cassette o central), si existe un insumo que se encuentre por debajo de los requerimientos enunciados en la tabla 17, se considerará como un pedido perdido

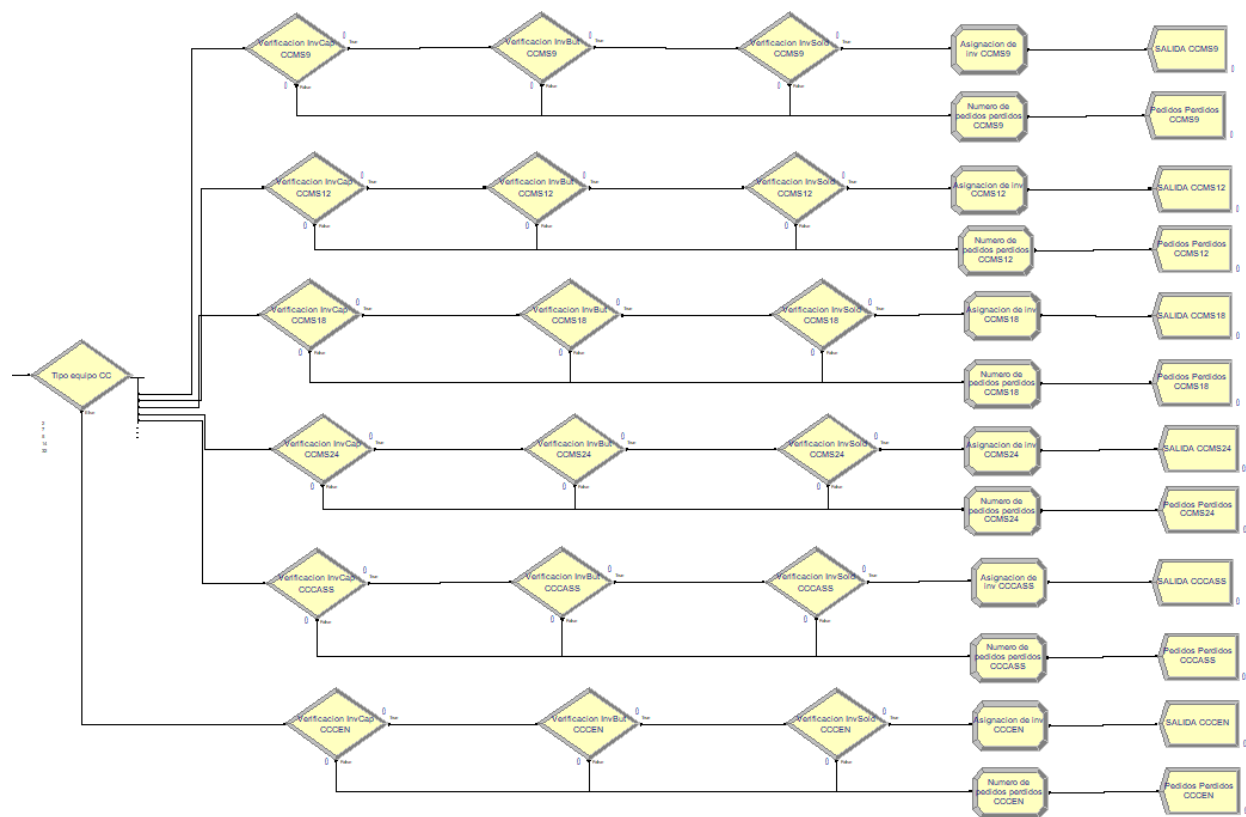


Figura 15 Sección de verificación de inventario para cambio de capacitores

En la figura 15 se observa el proceso de verificación de insumos necesarios para una instalación según el tipo de equipo (Mini Split de 9,12,18,24, cassette o central), si existe un insumo que se encuentre por debajo de los requerimientos enunciados en la tabla 18, se considerará como un pedido perdido.

7.3. Resultados del modelo de simulación

Luego modelar el proceso del flujo de insumos dentro de la operación de Goval de Colombia S.A.S, se realiza un análisis de escenarios mediante la herramienta Process Analyzer de Arena®, obteniendo los siguientes resultados.

7.3.1. Política de inventario

Escenario 1

Tabla 20

Cantidades a pedir e inventario de seguridad de insumos para escenario 1

Cantidad a Pedir						
Tubería Cobre	Codos Cobre	Refrigerante	Butano	Aislamiento	Capacitor	Soldadura plata
40	35	6	10	20	7	20
Inventario de Seguridad						
Tubería Cobre	Codos Cobre	Refrigerante	Butano	Aislamiento	Capacitor	Soldadura plata
3	2	3	1	4	1	1

Nota: Política de abastecimiento diseñada para cada uno de las referencias, así como el inventario de seguridad para cada familia de insumos. Fuente los autores

Escenario 2

Tabla 21

Cantidades a pedir e inventario de seguridad de insumos para escenario 2

Cantidad a Pedir						
Tubería Cobre	Codos Cobre	Refrigerante	Butano	Aislamiento	Capacitor	Soldadura plata
30	25	6	10	20	7	25
Inventario de Seguridad						
Tubería Cobre	Codos Cobre	Refrigerante	Butano	Aislamiento	Capacitor	Soldadura plata
12	10	3	8	12	1	7

Nota: Política de abastecimiento propuesta para cada uno de las referencias, así como el inventario de seguridad para cada familia de insumos. Fuente los autores

7.3.2. Comparación de medidas de desempeño

- Nivel de Servicio

○ Instalaciones

Tabla 22

Nivel de servicio para instalaciones. Escenarios 1 y 2

Nivel de Servicio Instalaciones E1					
MS9	MS12	MS18	MS24	Cassette	Centrales
78,65%	73,98%	60,63%	70,42%	60,50%	95,28%
Nivel de Servicio Instalaciones E2					
MS9	MS12	MS18	MS24	Cassette	Centrales
98,71%	98,05%	96,86%	97,55%	96,45%	100,00%
% Mejora					
MS9	MS12	MS18	MS24	Cassette	Centrales
25,51%	32,54%	59,76%	38,53%	59,42%	4,95%

Nota: Resultados obtenidos para el nivel de servicio en el servicio de instalaciones según el tipo de equipo en cada uno de los escenarios, así como % de variación entre escenarios. Fuente los autores

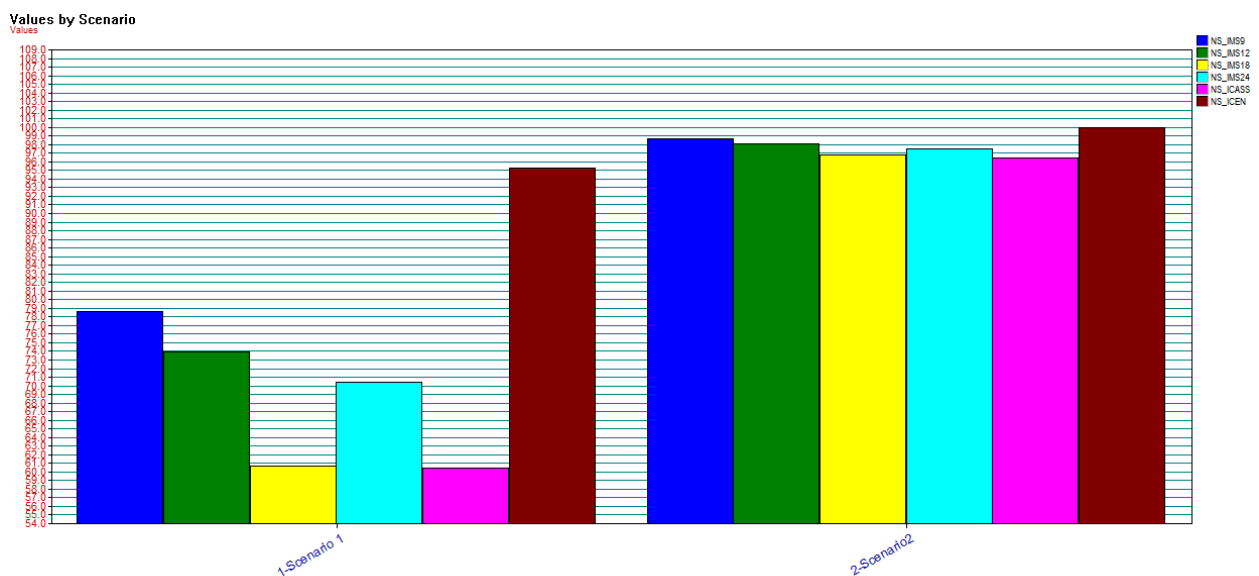


Figura 16 Comparación de nivel de servicio para instalaciones según tipo de equipo
Elaborado y concebido por los autores

La figura 16, permite observar que para las instalaciones hay un aumento significativo en el nivel de servicio. en promedio, con la propuesta de aprovisionamiento, el indicador correspondiente al nivel de servicio es de 97.93%, mientras que en el escenario 1, el nivel de

servicio ronda el 73.24%, en otras palabras, linealmente se atendería un 24.68% más de solicitudes de instalaciones.

○ **Corrección de fuga**

Tabla 23

Nivel de servicio para corrección de fuga. Escenarios 1 y 2

Nivel de Servicio Corrección de Fuga E1					
MS9	MS12	MS18	MS24	Cassette	Centrales
99,37%	98,75%	96,87%	97,95%	96,17%	99,16%
Nivel de Servicio Corrección de Fuga E2					
MS9	MS12	MS18	MS24	Cassette	Centrales
100,00%	100,00%	100,00%	99,73%	100,00%	100,00%
% Mejora					
MS9	MS12	MS18	MS24	Cassette	Centrales
0,63%	1,27%	3,23%	1,82%	3,98%	0,85%

Nota: Resultados obtenidos para el nivel de servicio en el servicio de corrección de fuga según el tipo de equipo en cada uno de los escenarios, así como % de variación entre escenarios. Fuente los autores

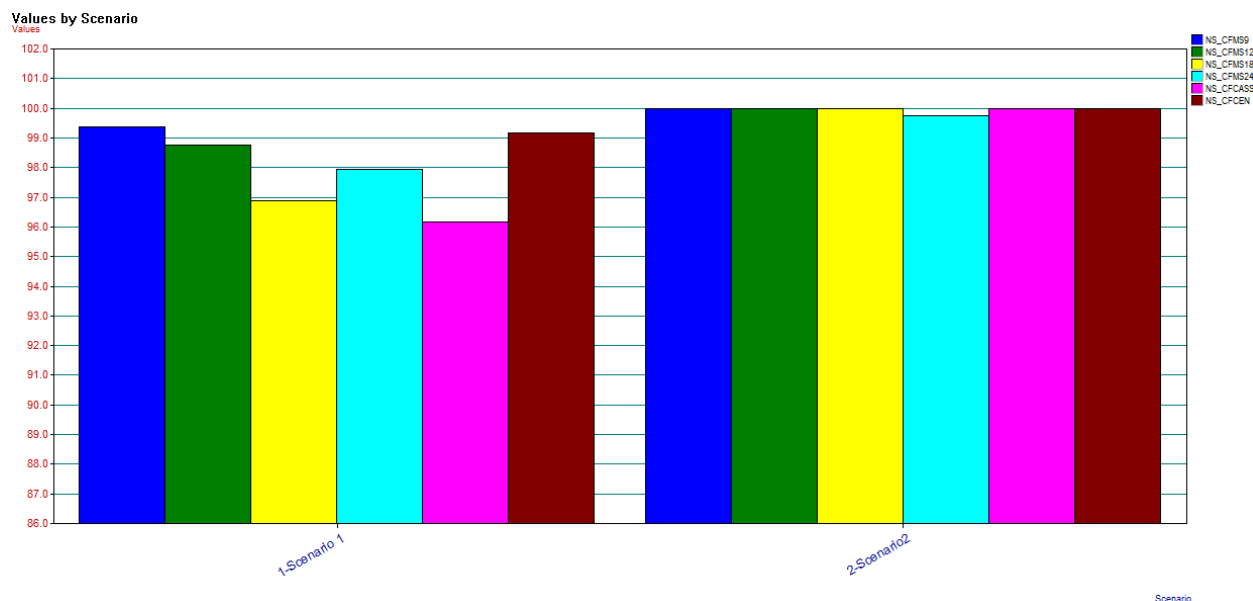


Figura 17 Comparación de nivel de servicio para corrección de fuga según tipo de equipo

Para las correcciones de fuga, la mejora fue menor, pero igual de importante para el objeto social de la compañía, 99.95% es el valor del indicador para este tipo de servicio. En el

escenario 1 se tiene el valor del indicador es 98.04%, corroborando de esta forma la mejora planteada en la propuesta de inventario en un 1.9%, es decir se atienden 1 servicio adicional de corrección de fuga.

○ Recarga de Refrigerante

Tabla 24

Nivel de servicio para recarga de refrigerante. Escenarios 1 y 2

Nivel de Servicio Recarga de Refrigerante E1					
MS9	MS12	MS18	MS24	Cassette	Centrales
100,00%	99,99%	100,00%	99,99%	100,00%	100,00%
Nivel de Servicio Recarga de Refrigerante E2					
MS9	MS12	MS18	MS24	Cassette	Centrales
100,00%	99,99%	100,00%	99,99%	100,00%	100,00%
% Mejora					
MS9	MS12	MS18	MS24	Cassette	Centrales
0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

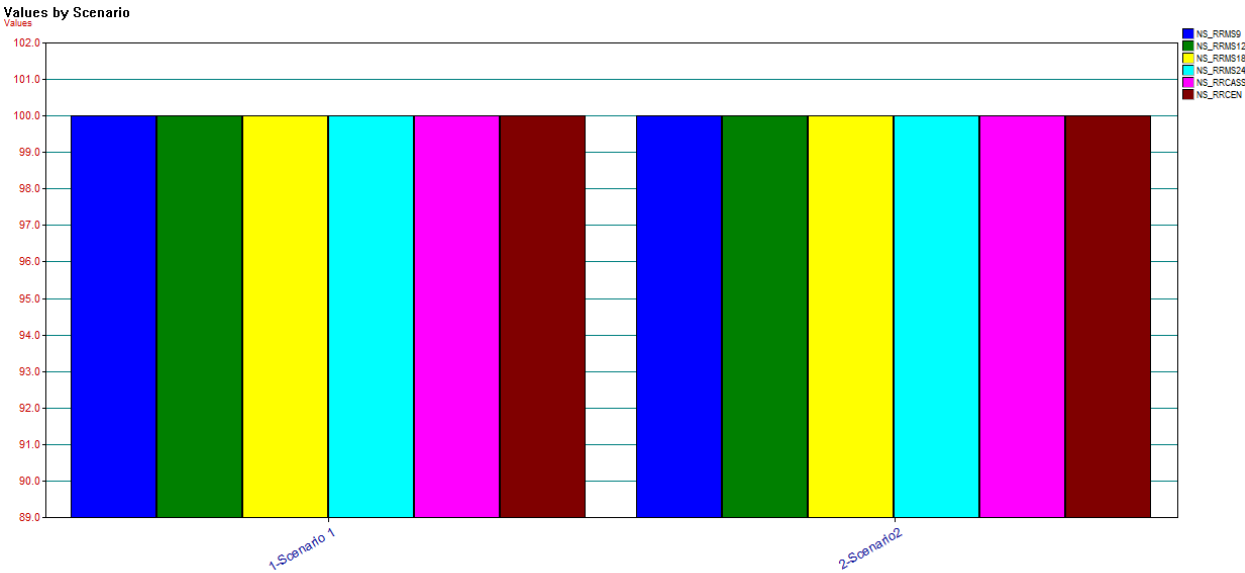


Figura 18 Comparación de nivel de servicio para recarga de refrigerante según tipo de equipo

Para la recarga de refrigerante se observa que no hay variación, debido a que la política actual (escenario 1) responde satisfactoriamente a los requerimientos de este ítem, por tal motivo la cantidad de insumos requeridos para recarga de refrigerante se mantiene en la propuesta de mejora (escenario 2).

○ **Cambio de capacitor**

Tabla 25

Nivel de servicio para cambio de capacitor. Escenarios 1 y 2

Nivel de Servicio Cambio de Capacitores E1					
MS9	MS12	MS18	MS24	Cassette	Centrales
100,00%	97,74%	100,00%	95,36%	93,59%	97,00%
Nivel de Servicio Cambio de Capacitores E2					
MS9	MS12	MS18	MS24	Cassette	Centrales
100,00%	99,99%	100,00%	98,75%	96,44%	99,13%
% Mejora					
MS9	MS12	MS18	MS24	Cassette	Centrales
0,00%	2,30%	0,00%	3,55%	3,05%	2,19%

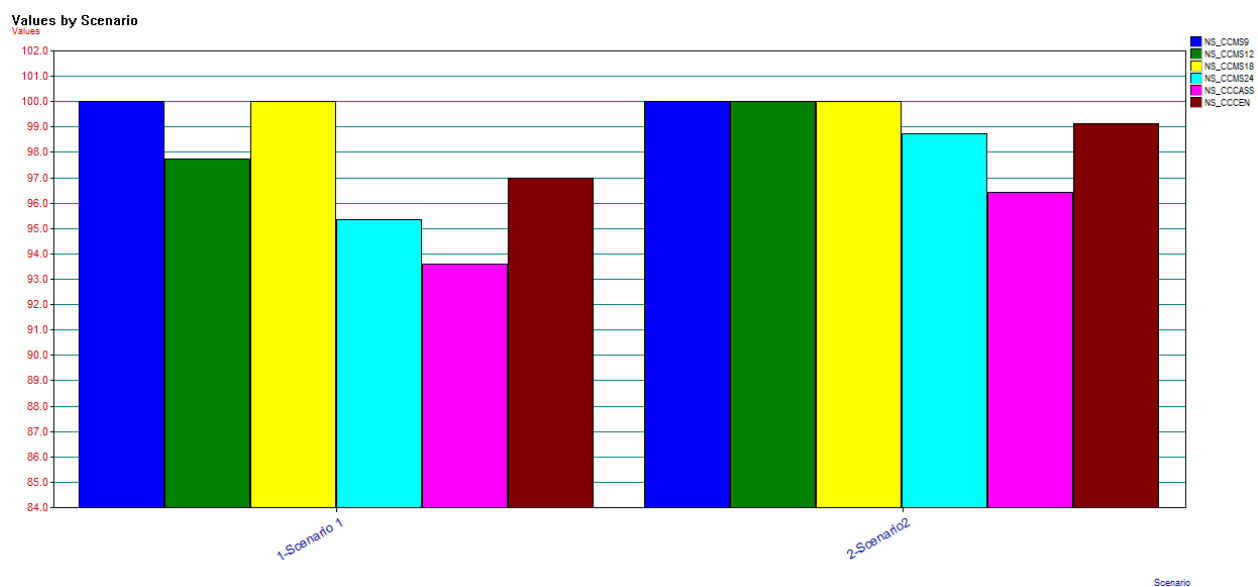


Figura 19 Comparación de nivel de servicio para cambio de capacitor según tipo de equipo

Para los cambios de capacitor se consigue una mejora en promedio de la atención de requerimientos en un 1.76%, logrando la cuasi-optimización de la medida de desempeño analizada, en otras palabras, con la propuesta de mejora se atenderían de manera satisfactoria (desde el punto de vista de insumos a la mano) el 99.05% de los cambios de capacitador solicitados en promedio.

- **Nivel de Inventario promedio**

Tabla 26

Nivel de inventario promedio por insumo. Escenarios 1 y 2

Nivel de Inventario E1						
Tubería de cobre	Codo de cobre	Refrigerante	Butano	Aislamiento	Capacitores	Soldaduras
22	19,45	5,85	6,4	14,5	5,05	11,6
Nivel de Inventario E2						
Tubería de cobre	Codo de cobre	Refrigerante	Butano	Aislamiento	Capacitores	Soldaduras
26,6	21,8	5,97	12,7	23	4,8	20,25
% Variación						
Tubería de cobre	Codo de cobre	Refrigerante	Butano	Aislamiento	Capacitores	Soldaduras
0,91%	12,08%	2,05%	98,44%	58,62%	4,95%	74,57%

Tubería de cobre	Codo de cobre	Refrigerante	Butano	Aislamiento	Capacitores	Soldaduras
87,50%	87,08%	3,33%	33,33%	53,33%	0,00%	16,67%

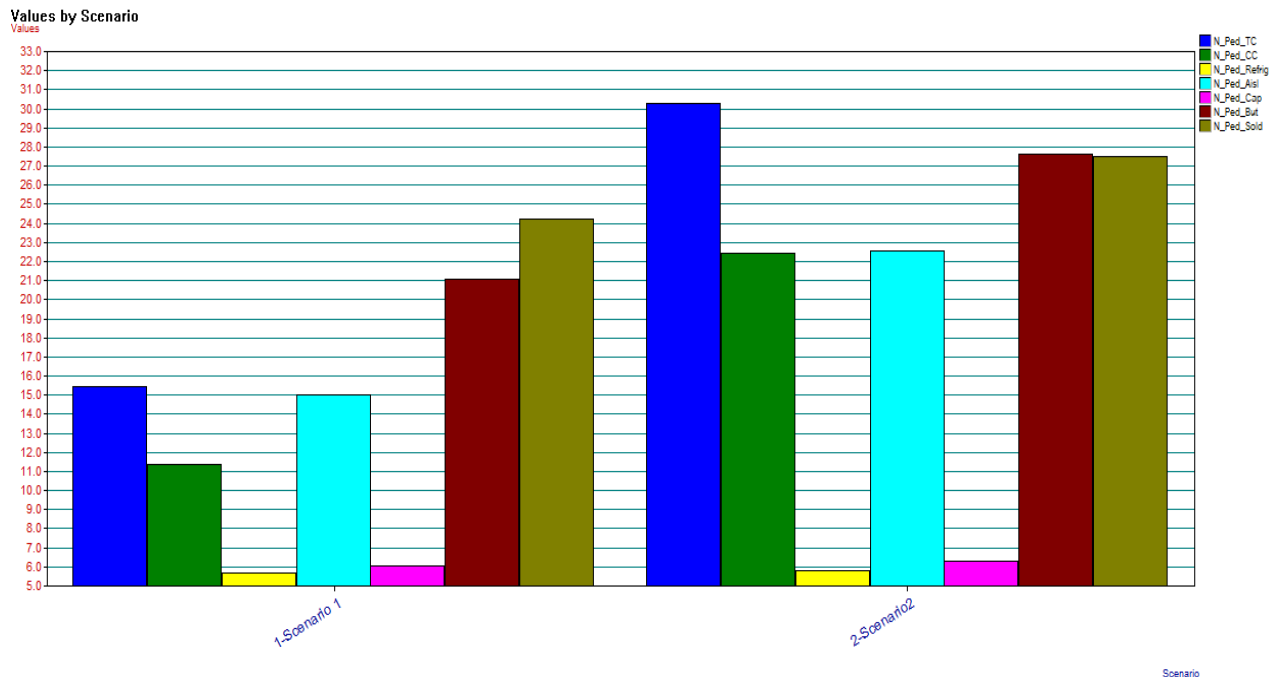


Figura 21 Comparación del número promedio de pedidos al año por insumo en escenarios 1 y 2

La figura 21 representa el número de pedidos por referencia que han de hacerse durante un año de operaciones. De la gráfica se puede deducir que en el escenario planteado aumenta la cantidad pedidos, garantizando que haya rotación en el almacén.

7.3.3. Evaluación de los costos de inventario.

A parte de las comparaciones realizadas en cuanto al nivel de servicio y demás medidas de desempeño establecidas, es importante conocer el impacto económico que se tendría con la aplicación de las propuestas planteadas en esta monografía.

Escenario 1.

Según la ecuación de costo total de inventario, se reemplaza en la ecuación y se obtiene los costos totales de cada uno de los escenarios.

$$C_{man} = \{6333 * [16 + 12 + 6 + 21 + 15 + 24 + 6]\} = \$ 595.302,00$$

$$C_{ord} = \left\{ 0.1425 * \left[\left(8711 * \frac{40}{2} \right) + \left(4400 * \frac{35}{2} \right) + \left(286200 * \frac{6}{2} \right) + \left(5600 * \frac{20}{2} \right) + \left(24000 * \frac{10}{2} \right) + \left(7747 * \frac{7}{2} \right) + \left(900 * \frac{20}{2} \right) \right] \right\} = \$188.375,66$$

$$\text{Costo Total} = \$ 595.302 + \$188.375,66 = \$783.677,66$$

Escenario 2

Se realiza el mismo procedimiento anterior, pero con la información obtenida en el escenario propuesto.

$$C_{man} = \{6333 * [31 + 23 + 6 + 23 + 6 + 28 + 28]\} = \$ 557.304$$

$$C_{ord} = \left\{ 0.1425 * \left[\left(8711 * \frac{30}{2} \right) + \left(4400 * \frac{25}{2} \right) + \left(286200 * \frac{6}{2} \right) + \left(5600 * \frac{20}{2} \right) + \left(24000 * \frac{10}{2} \right) + \left(7747 * \frac{7}{2} \right) + \left(900 * \frac{25}{2} \right) \right] \right\} = \$179.269,20$$

$$\text{Costo Total} = \$ 557.304 + \$179.269,20 = \$736.573,20$$

Comparando el escenario 2 con respecto al 1, se puede inferir una reducción del costo de inventario en un 6%, sin embargo, ese es el menor de los beneficios que se obtienen de esta propuesta debido a que la nueva política de abastecimiento permite la atención del 28.34% de servicios que con el método actual no se pueden atender, debido a que no se tiene suficientes insumos a la mano. De acuerdo al tipo de servicio las cantidades atendidas serían:

Tabla 28

Relación de ingresos marginales a obtener con nueva política de inventarios

Relación de ingresos obtenidos con nueva política de inventarios					
	Total Servicios	Atendidos E1	Atendidos E2	Ingresos por servicio	Ingresos totales (E2-E1)
Instalaciones	171	125	167	\$ 415.000	\$ 17.430.000
Corrección de fuga	42	41	42	\$ 350.000	\$ 350.000
Recarga de refrigerante	27	27	27	\$ 168.000	\$ -
Cambio de capacitor	30	29	30	\$ 51.300	\$ 51.300
Total	270				\$ 17.831.300

Nota: La tabla anterior representa los ingresos que se obtendrían por aumentar el nivel de servicio en los porcentajes antes mencionados, en total se esperarían ingresos adicionales por \$17.831.300,00 que pueden aumentar en años posteriores gracias a la variación de la capacidad de respuesta.

7.4. Diseño de proceso de negocio elaborado en Bizagi Modeler ®

Se realiza el modelo conceptual del proceso de aprovisionamiento incluyendo los actores del proceso, así como la secuencia de las actividades realizadas por los departamentos de contabilidad, administrativa y de operaciones dentro del proceso de aprovisionamiento.

7.4.1. Modelo conceptual del proceso de aprovisionamiento

El auxiliar de operaciones debe diariamente revisar las existencias de cada una de las familias de insumos en inventario, si las existencias de alguna de las referencias son igual o menor al inventario de seguridad planteado en el modelo de simulación, se cotiza con el proveedor por vía telefónica y se realiza una orden de compra por la cantidad de reposición determinada igualmente en el modelo de simulación, la orden de compra es enviada una copia a gerencia para su autorización.

Si la orden es aprobada se envía la orden de compra al proveedor para que se empiece el despacho de la mercancía, de lo contrario el auxiliar de operaciones debe contactarse con otro proveedor y realizar los procedimientos antes descritos. El proveedor envía el pedido a la empresa con copia de la orden de compra, factura y remisión de mercancías la cual es firmada por el auxiliar de operaciones, los insumos son cargados al software de inventarios, la factura es contabilizada por el auxiliar contable y la orden de compra es anexada a los archivos del pedido para llevar un control de costos de los pedidos.

7.4.2. Modelo de proceso en Bizagi Modeler ®

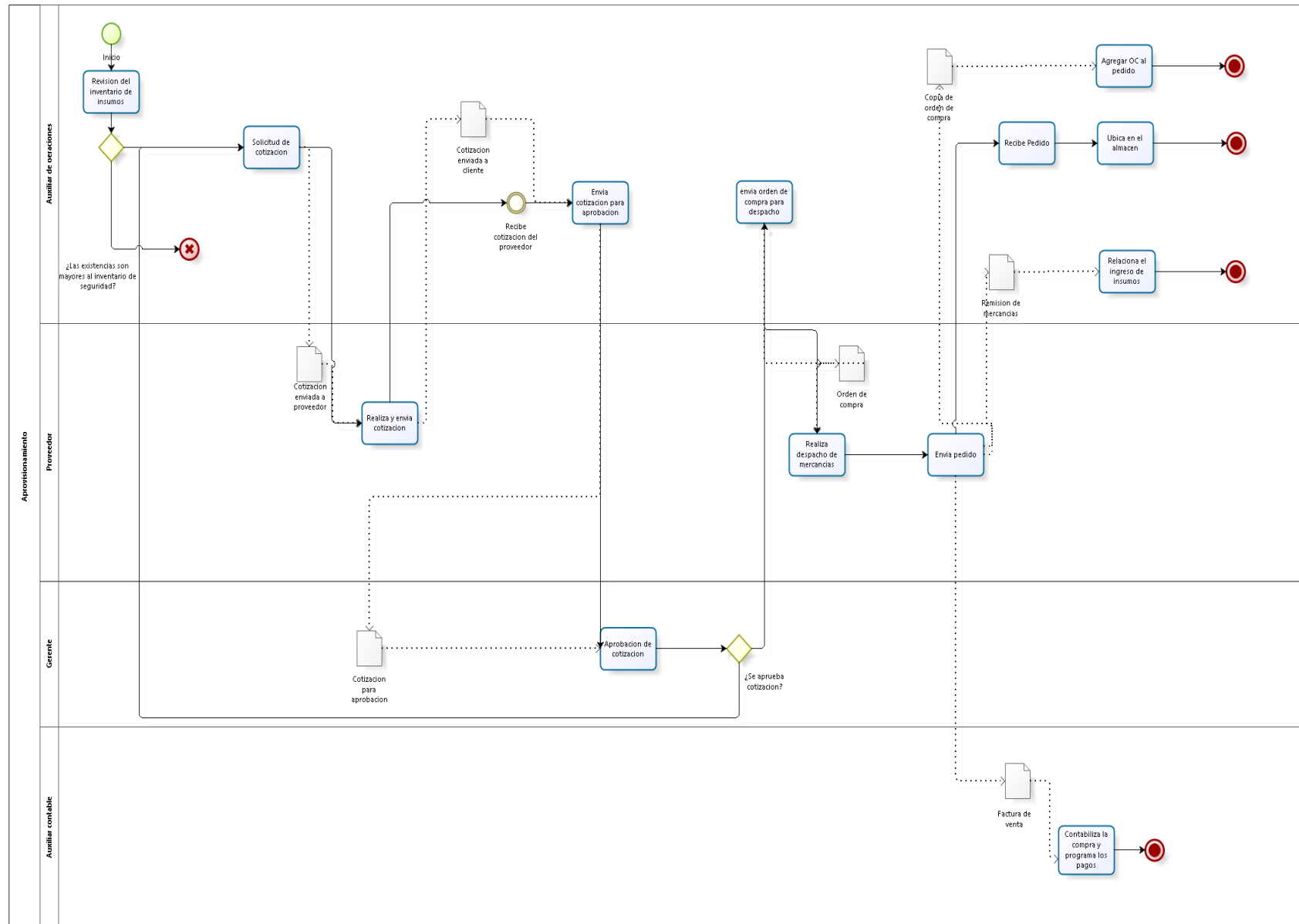


Figura 22 Modelo de gestión de compras en Bizagi Modeler

En la figura 22 se observa el diagrama de flujo de la operación de aprovisionamiento en la empresa Goval de Colombia S.A.S, los actores que participan en el proceso, que permiten además que el flujo de la información llegue hasta los interesados (contabilidad, administrativa y operaciones).

El proceso de compras consta de 13 actividades, de las cuales el departamento de operaciones realiza el 61.5% de estas actividades, lo que permite inferir la importancia del departamento dentro del proceso, sin embargo la actividad crítica dentro del proceso de compras se encuentra en la autorización de la orden de compra por parte de gerencia, por lo que es posible que si en caso de una situación anómala el gerente no se encuentra presente el proceso de aprovisionamiento puede sufrir retrasos que impacten negativamente en los tiempos de aprovisionamiento.

Conclusiones

Como resultado de la investigación expuesta, se puede concluir que la adopción de políticas de aprovisionamiento registrada en el escenario 2 comparado al registrado en el escenario 1 es más beneficiosa desde el punto de vista de servicio y económico, debido a que, así como se le permite al cliente disponibilidad de servicio, también se generan ingresos adicionales que permitan tecnificar los procesos en un horizonte temporal largo.

El voz a voz es una gran fuente de consecución de clientes por lo que tener una política de inventario que permita mantener satisfechos ayuda a la empresa a generar un sobresaliente ‘good will’, permitiendo la llegada de nuevos clientes, expandiéndose a otras regiones del país y quizás ampliando su catálogo de servicios. La adopción de este tipo de políticas facilita en gran manera el desarrollo de la logística por lo menos en su punto más común como es las estrategias de aprovisionamiento y gestión de inventarios ya que si la empresa pone orden a sus procesos internos podrá dinamizar los procesos logísticos directa o indirectamente que garantice el adecuado manejo de los recursos beneficiando a los actores de la cadena de manera que puedan sacar el mayor provecho de dicho sistema.

Se deben tener en cuenta específicamente factores como la llegada de los pedidos, la frecuencia de aprovisionamiento de cada una de las referencias manejadas, la cantidad de insumos solicitados al proveedor y el nivel de inventarios que son los que mayor impacto generan sobre la operación de la cadena de suministros; dichos factores deben estar alineados y enfocados hacia un mismo objetivo para asegurar el flujo continuo del canal de servicio directo

Por otra parte, se observó que el inventario de seguridad es una variable de control que afecta de manera directa el flujo de la cadena de aprovisionamiento e inventario y que depende

del flujo de pedidos y de la gestión de compras por parte de la compañía el aplicar valor desde las existencias de seguridad.

Trabajos Futuros

A partir de lo realizado en este estudio es posible profundizar esta línea en cuanto a la evaluación de los proveedores en el sector de la refrigeración, así como la integración de procesos y tiempos de reposición de inventarios que permitan observar el flujo del proceso de compras, almacenamiento y mejora de los tiempos de servicios mediante mejoras en los procesos operativos.

También es importante la integración de todos los eslabones de la cadena de suministro, mediante un modelo de toma de decisiones utilizando herramientas que permitan el análisis reciproco entre todos los actores de la cadena de distribución y operación de repuestos de refrigeración.

Referencias

- Hernández Bonilla , J. M. (2 de Octubre de 2016). Industria del aire acondicionado mueve \$1 billón. *El Espectador*.
- Alvarado Ojeda, Y. (2009). *APLICACIÓN DE SIMULACIÓN PARA LA MEJORA EN LA ASIGNACIÓN DE ABOGADOS DE LA DEFENSORÍA LOCAL DE PUERTO MONTT*. Puerto Montt: Universidad Austral de Chile.
- Anderson, D. R., & Sweeney, D. (2008). *Statistics for business and economics, 10ma. ed., ,* USA: Thomson, ISBN 978-0-324-36505-4.
- Ballou, R. H. (2004). *Logística: administración de la cadena de suministro*. Mexico: Pearson Educacion.
- Bowersox, D., Closs, D., & Cooper, M. (2010). *Administración de la cadena de suministros, 2da. ed. ISBN 9789701061329*. México D.F.: Mc Graw Hill.
- Carreño Solis, A. J. (2017). *Cadena de suministro y logística*. Lima: Fondo editorial.
- Carvajal Tinoco , D. J., & Valencia Quintero, J. C. (16 de Diciembre de 2017). Matriz Metodologica. Barranquilla.
- Centro de investigaciones Oceanograficas e Hidrograficas - CIOH. (2017). Pronóstico Meteorologico para el litoral caribe colombiano y el archipiélago de San Andrés y Providencia . *Pronóstico climático del caribe colombiano*, 10-11. Recuperado el 16 de Diciembre de 2017, de PAGINA WEB DE CIOH:
<https://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/Climatologia%20Barranquilla.pdf>

- Chase, R., J., N., & Jacobs, F. (2010). *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva, 10ma. ed.* México, D. F.: McGraw-Hill Interamericana., ISBN 970-10-4468-1.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro: Estrategia, planeación, operación* (Tercera Edición ed.). Ciudad de Mexico: Pearson Education.
- Dobler, D., & Burt, D. (1996). *Purchasing and Supply Management: Text and Cases*. McGraw-Hill.
- EAE BUSINESS SCHOOL. (23 de Noviembre de 2017). *Cálculo de stock de seguridad: la fórmula*. Obtenido de retos-operaciones-logistica.eae.es: <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/calculo-del-stock-de-seguridad-la-formula/>
- García, S. (2013). *Propuesta para mejorar la respuesta a las requisiciones de compra de crear ingeniería Ltda. Mediante simulación en arena y prueba Bonferroni*. . Bogotá, D.C.: Politecnico Grancolombiano Institución Universitaria. Facultad De Ingeniería Industrial. .
- Gómez, M. (2008). *Modelo para Determinar políticas de Inventario Basado en los conceptos del riesgo y confiabilidad de equipos*. Barranquilla.: Universidad del Norte. Divisiones de Ingeniería.
- Gómez, M., & Acevedo, J. e. (2007). *La Logística Moderna en la Empresa, vol. 1.*, La Habana, Cuba: LOGICUBA.
- González Guerrero, N. (2012). *Strategy for minimizing logistics costs: a pilot enterprise applications*. Manizales. Obtenido de http://www.bdigital.unal.edu.co/9035/1/7709509.2012_.pdf

- Gutiérrez, V., & Vidal, C. (2008). *Modelos de Gestión de Inventarios en Cadenas de Abastecimiento: Revisión de la Literatura*. Medellín: Revista facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia.
- Heizer, J. (2001). *Dirección de la producción: decisiones estratégicas*.
- Herrera, O. J., & Becerra, L. A. (2014). Diseño General de las Etapas de Simulación de Procesos con Énfasis en el Análisis de Entrada. *Twelfth LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*. Guayaquil.
- Izar Landeta, J. M., Ynzunza Cortés, C. B., & Sarmiento Rebeles, R. (2011). El Método Híbrido, técnica realista para optimizar el costo del inventario. *XV Congreso Internacional de la Academia de Ciencias Administrativas A. C. (ACACIA)*, (págs. 1-19). Boca del Rio , Veracruz, Mexico.
- Kelton, W., Sadowski, R., & Zupick, N. (2015). *Simulation with arena*. New York: McGraw-Hill Education .
- Krajewski, L. (2013). *Administración de Operaciones. Procesos y cadena de suministro*. México: Pearson Educación.
- Lambert, D., Cooper, M., & Janus, P. D. (1998). Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities. *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 9, 1-20.
- Li, W., & Zuo, M. J. (2007). Joint Optimization of Inventory Control and Maintenance Policy. *Reliability and*, 321-326. Piscataway, New Jersey, EUA: IEEE.
- Mejia Ospina , L. (2017). *Propuesta de un sistema de control de inventarios de productos terminados en la empresa Laboratorios Seres S.A.S. de Santiago de Cali*. Santiago de Cali .

OIT. (1998). *Introducción al Estudio del Trabajo*. Ginebra.

OIT. (2001). Prevención y control en ambientes calientes. En OIT, *Factores ambientales en el lugar de trabajo. Repertorio de recomendaciones prácticas de la* (pág. 50). Ginebra.

Pau I Cos, J. (2001). *Manual de Logística Integral*. . España, : Díaz de Santos, 846 p.

Rios Insua, D., & Jiménez , M. (2009). *Simulación: Métodos y aplicaciones*. Ciudad de México: Alfaomega Ra-Ma.

Silva, D. (2015.). *Optimización de la gestión de inventarios con simulación en arena en la sociedad Soserauto S.A*. Bogotá: Repositorio Institucional UPB.

Troncoso Palacio, A. H. (2017). *Diseño de un modelo de simulación discreta para la mejora en la entrega de resultados de análisis fisicoquímicos en laboratorios incobra*. Barranquilla.

Villamarin, F. (2014). *Modelo de Referencia Gestión Logística Operacional de las PYME Transporte Terrestre Carga en Santiago de Cali (MORGELOT)*. Cali: Universidad Autónoma de Occidente Facultad de Ingeniería Departamento de Operaciones y Sistemas Maestría en Logística Integral Santiago de Cali .

Zapata Cortes, J. A. (2014). *Fundamentos de la gestión de inventarios*. Medellín: Esumer.